

CONTENTS OF NO. 17

(In Japanese with English Summary except * in English)

TANAKA, S.

An index to relative size of fish population and Effective fishing effort..... 1

KONDO, K.

Studies of the anchovy scale—I. Difference in the scale characters from various body areas, with a consideration on ecological significance of the grooves.....15

*OKUTANI, T.

Two new species of bivalves from the deep water in Sagami Bay collected by the R. V. *Soyo-Maru*.....27

*HAYASHI, S. and KONDO, K.

Growth of the Japanese anchovy—IV. Age determination with the use of scales31

HIRANO, T.

On durability of the surface temperature at hydrographic stations of the Pacific coast—II.65

FUKAI, R. and YAMAZAKI, S.

On the distribution of bottom sediments in Katsuragi Bay, Mié Prefecture.....73

✓ KOYAMA, T.

Study on bait for tuna long line—II. Preservation of bait squid.....83

KOYAMA, T.

Hydraulic resistance of glass-Ball floats enwrapped in protective nets87

Published Quarterly by

TOKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

TSUKISHIMA, CHUO-KU, TOKYO

JAPAN

本報告略号
—東海水研報—

Abbreviation of this bulletin
—Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.—

昭和 32 年 7 月 25 日 印刷
昭和 32 年 7 月 30 日 発行

発行所 水産庁東海区水産研究所
東京都中央区月島 3 号地

発行者 源 生 一 太 郎
東京都中央区月島 3 号地

印刷者 大 星 義 明
東京都渋谷区代々木上原町 1141

印刷所 株式会社 金星社印刷所
東京都渋谷区代々木上原町 1141
電話 (46) 3 2 3 5

資源量の相対指数と有効漁獲努力量

田 中 昌 一

I. は し が き

水産資源の絶対量はともかくとして、相対的にでもその年々の変動を知ることができれば、資源変動の法則を知り、又将来を予測するのに、大きな手だすけとなるであろう。そして、相対的資源量の指数として、単位努力当漁獲量が用いられたのは、ずい分古くからのようである。RUSSELL (1931)¹⁰⁾は努力当漁獲量の意義についてくわしく論じ、その中で、これが正しく相対的資源量を与えるためのいくつかの条件の一つとして、漁業によるサンプリングが、全漁場に対して、全漁期について、適当であることをあげている。それよりも前の BARANOV (1918)¹¹⁾をはじめ、THOMPSON and BELL (1934)¹⁶⁾、或は RICKER (1940)⁹⁾においても、その理論の中で、漁業が一様に行なわれるか、又は魚群が一様に分布している事を仮定していた。そしてこの仮定は、事実に基づいたものとしてではなく、理論を組立てる上の必要性からおかれていたものであった。

努力当漁獲量によつて、正しく資源量を表現するために、まず考えられることは、漁獲努力量の数値を改善することである。努力量の単位の改善（たとえば、航海日数から操業回数へ）、能率の差を標準化によつて補正すること（たとえば、トロールの大きさによる換算）等はつねに考えられて来た。しかし、これ等と同時に、いかにして RUSSELL の示した条件を満足させるかということが重要な問題であろう。

木部崎 (1956)⁷⁾ は、笠原 (1948)⁶⁾ を批判して、努力当漁獲量は、資源に変動のない時でも、単なる主漁場の移動だけで変り得ることを述べている。以西底曳を例にとるならば、開発の初期においては、タイ類等高級なものが特に対象とされていたが、これ等の資源が減少して漁獲が少なくなるにつれて、グチやエソなどが重要な対象魚種となり、それが魚場の時代的うつりかわりとして資料の上にあらわれている。もしタイ類の資源を、漁獲量と努力量との関係で解こうとするならば、漁具の進歩による影響は勿論ながら、あまりねらわれなくなつたことによる実際の漁業の圧力の弱まりについても補正して考えないかぎり、漁獲量が予想外に減少したこと、高度の乱獲状態とあやまつて判断されることになる。又別の例として、何等かの理由で、イワシの来遊が少なかつたとすると、旋網の漁師は、少ないイワシを追うよりは、まだましなアジやサバを求めて船を進めるであろう。その結果は、努力当漁獲量が、イワシについては過少な、又アジ・サバについては過大な推定値を与えることになる。

イギリスの BEVERTON and HOLT (1956)²⁾ や GULLAND (1955)⁴⁾ は、この問題についてすぐれた研究を発表している。即ち、真に有効に資源に作用した努力量（或は漁業の強さ）、漁場選択のこのみに影響されない資源密度の相対的指数を与えているのである。著者もここで、基本の方程式から出発して、この問題を考えながら、実際の資料にもとづいて検討してみたい。

II. 空間的分布の不均一さについて

資源 (P) があり、これに対して漁業 (F) が行なわれて、漁獲物 (Y) が我々の手に入る。この関係をかりに

$$Y = F \cdot P$$

とあらわしてみよう。これ等のうち、漁業、漁獲物については、我々は統計によつてその詳細を知ることができる。したがつて、上の表現式を

$$P = Y \cdot F^{-1}$$

とかきなおすことができるなら、我々は手元の資料から資源を計算することができる。しかし、これ等の式を量の間の関係式とみなすためには、少なくとも、資源又は漁業が確率的に分布していることが必要である。これはちょうど、統計的推定の場合に、標本をして母集団を正しく代表させるためには、確率的に標本を抽出しなければならないことに対応している。

実際の資源や漁業について、確率的分布を期待することはできない。そのような資料を確率的に扱うためには、普通確率化 (randomization) という操作を行うのであるが、実際の漁業にこれをもちこむことはできない。そうなれば、残された道は層別以外にない。そして、時間と空間の二つの元についてしだいに層化細分してゆく時に、ある段階で、その一つの層内においては、魚の生態や人間の意志にかかわらず、確率的偶然のみによつて支配されているような状態に達するであろうことは期待される。この段階においてはじめて、量としての資源と漁業と漁獲物の間の関係を考えることができる。

非常に簡単な例を考えてみよう。簡単ではあるが、本質的なものはすべてこの中にふくまれている。ある全体が、それぞれ内部において等質な a, b 2 海区に層化されているものとする。ここで、第1表に示すような記号を用いると、各層について次のような基本の方程式が得られる。

第 1 表		記 号	Table 1		Notation
海 区		Region	a	b	全体 Total
面 積		Area	A_a	A_b	A
資 源 尾 数		Population number	N_a	N_b	N
漁 獲 尾 数		Catch in number	C_a	C_b	C
漁 獲 努 力 量		Amount of effort	X_a	X_b	X
漁 獲 係 数		Fishing mortality	φ_a	φ_b	φ
自然死亡係数		Natural mortality			μ
漁 獲 能 率		Efficiency of gear			α
a から b への移動量		Amount of transport from a to b			Q

$$\left. \begin{aligned} \frac{dN_a}{dt} &= -(\varphi_a + \mu)N_a - Q \\ \frac{dN_b}{dt} &= -(\varphi_b + \mu)N_b + Q \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

この式で対応する項を加え合せて、全体についての一つの式をつくると、

$$\frac{1}{N} \frac{dN}{dt} = -\frac{1}{N} (\varphi_a N_a + \varphi_b N_b) - \mu \quad (2)$$

を得る。この式を普通の型の

$$\frac{1}{N} \frac{dN}{dt} = -(\varphi + \mu) \quad (3)$$

に対応させると、

$$\varphi = \varphi_a \frac{N_a}{N} + \varphi_b \frac{N_b}{N} \quad (4)$$

となる。 φ は φ_a と φ_b の加重平均である。ここで

$$\varphi_a = \frac{\alpha X_a}{A_a}, \quad \varphi_b = \frac{\alpha X_b}{A_b} \quad (5)$$

とあらわそう。なお、この関係式については後でさらに論議する。一方加重については

$$\frac{N_a}{N_b} = \frac{C_a/\varphi_a}{C_b/\varphi_b} = \frac{C_a A_a/X_a}{C_b A_b/X_b} \quad (6)$$

と仮定する。これ等の式を (4) に代入すると、

$$\varphi = \frac{\frac{\alpha X_a}{A_a} \frac{C_a A_a}{X_a} + \frac{\alpha X_b}{A_b} \frac{C_b A_b}{X_b}}{\frac{C_a A_a}{X_a} + \frac{C_b A_b}{X_b}}$$

したがって

$$\varphi = \frac{\alpha}{A} \left(\frac{A(C_a + C_b)}{\frac{C_a A_a}{X_a} + \frac{C_b A_b}{X_b}} \right) \quad (7)$$

となる。これから、海区間で努力或は魚群が不均一に分布しているときの、資源に対して真に有効に作用する努力量は

$$\tilde{X} = \frac{A(C_a + C_b)}{\frac{C_a A_a}{X_a} + \frac{C_b A_b}{X_b}} \quad (8)$$

であることがわかる。海区の数が三つ以上の時に、

$$\tilde{X} = A \frac{\sum C_i}{\sum C_i A_i / X_i} \quad (9)$$

であることは容易に知れる。これは BEVERTON and HOLT (1956)²⁾ の考えた effective effort と全く同じものである。

もし、海区別の資料がない時には、我々は漁業の強さとして X/A を用いなければならない。これは

$$\frac{X}{A} = \frac{X_a + X_b}{A_a + A_b} = \frac{X_a}{A_a} \frac{A_a}{A} + \frac{X_b}{A_b} \frac{A_b}{A}$$

とかけるので、

$$\frac{X}{A} - \frac{\tilde{X}}{A} = \frac{X_a}{A_a} \left(\frac{A_a}{A} - \frac{N_a}{N} \right) + \frac{X_b}{A_b} \left(\frac{A_b}{A} - \frac{N_b}{N} \right) = \left(\frac{X_a}{A_a} - \frac{X_b}{A_b} \right) \left(\frac{A_a}{A} - \frac{N_a}{N} \right) \quad (10)$$

となる。これから、みかけの漁業の強さが、有効な漁業の強さに等しくなる条件は、

$$\frac{X_a}{A_a} = \frac{X_b}{A_b} \quad (11)$$

即ち、 a, b 両海区で漁業の強さが等しい、いいかえると漁業が一樣に分布していること、又は

$$\frac{A_a}{A} = \frac{N_a}{N} \quad \text{或は} \quad \frac{N_a}{A_a} = \frac{N_b}{A_b} \quad (12)$$

即ち、両海区で魚の密度が等しいこと、つまり、魚が一樣に分布していることである。RUSSELL の条件とはこの事にほかならない。

有効努力が得られたならば、全漁獲量をこれで割つて、有効努力当漁獲量を出すことによって、正しい資源の密度指数を求めることができる。即ち、

$$\frac{C}{\tilde{X}} = \frac{\sum C_i}{A \sum C_i / \sum \frac{C_i A_i}{X_i}} = \sum \frac{C_i A_i}{X_i} / A \quad (13)$$

である。GULLAND (1955)⁴⁾ はこれを次のように説明している。努力当漁獲量は、その点における密度を相対的に与えるものであるから、それにその海区の面積をかければ、その海区内の魚群量が得られる。これを全海区について加え合せたものが全資源量の相対的指数である。したがって、これを全面積でわつて、密度指数が得られる。GULLAND のいう密度指数に対して、面積 A でわらない量、即ち

$$\tilde{N} = \sum \frac{C_i A_i}{X_i} \quad (14)$$

を資源量指数とよぶのが適当であろう。もし、各海区の面積がすべて等しい時には、各海区での努力当漁獲量を単に加え合わせるだけで、資源量指数が得られる。

$\tilde{X}$ と X の比も興味ある量である。

$$\varepsilon = \frac{\tilde{X}}{X} = \frac{A \sum C_i}{\sum \frac{C_i A_i}{X_i} \sum X_i} = \frac{C}{X} / \frac{\tilde{N}}{A} \quad (15)$$

であるから、平均してどの程度魚群の多い所をねらつて操業しているかの目安を与える。この値が

高いほど同じ単位の努力（たとえば1曳網）の効果が高いことになる。その意味で ε を努力量の有効度とよぶのがよからう。

以上の議論は、加入群のある場合でもなんのかわる所もない。又尾数ではなく重量で考えても、これと全く同じことになる。ただし、全資源が漁業によって完全におゝわれていることが必要である。漁場外にまで資源がひろがつている場合、特定の時期のみ漁場内に回遊してくる場合等については、別の基本式を必要とする。

III. 漁獲係数 φ の表現法についての簡単な議論

ここで多少前にもどつて (5) 式について考えてみたい。RICKER (1940)⁹⁾ は (5) 式に相当する式として、彼の記号にしたがえば

$$\log_e(1-m_1) = -kf \quad (\text{RICKER, 1940 の 10 式}) \quad (16)$$

とあらわしている。 m_1 が漁獲率で f が努力量である。したがつて、 k が著者の α/A に相当する。 α , A はともに面積の次元をもっているので、 k は次元のない量である。もし、 A が常に一定であれば、 α ははもとも一定と仮定して、 k も一定となる。従来はこの表現が多く用いられていたようである。一方 WIDRIG (1954)¹⁸⁾ は、彼の記号にしたがつてあらわせば

$$p = Qf = E \frac{\alpha}{A} f \quad (\text{WIDRIG, 1954 の Appendix}) \quad (17)$$

とおいている。ここで f は努力量、 A が漁場面積、又 $E\alpha$ が著者の α に相当している。又 GULLAND (1955)⁴⁾ によれば、BEVERTON and HOLT (in press)³⁾ は

$$F = cf \quad (18)$$

を根本の仮定としており、これを GULLAND 自身は

$$d = c'D \quad (19)$$

と表現している。ここで F は著者の φ に等しく、又 f は漁業の強さ即ち X/A である。一方、 d は努力当漁獲量であり、 D が密度である。したがつて、BEVERTON 等の c は著者の α に等しいことになる。結局著者の表現は WIDRIG 及び BEVERTON 等、或は GULLAND のそれと同じものであることがわかる。ただし、 $\varphi = \alpha X/A$ の関係を WIDRIG は $\varphi = \frac{\alpha}{A} \times X$ と考えて、 α/A を一定数としたのに対して、他の方では $\varphi = \alpha \times \frac{X}{A}$ として X/A を漁業の強さ (fishing intensity) とよんでいる事は興味深い。

こうしてみると、RICKER をはじめとする以上の三つの漁獲係数の表現法は、基礎の考えにおいて共通するものをもっているが、BEVERTON 等が面積で割つた型で表現した事は重要なことであると考ええる。たとえば、同じ N 尾の魚を入れた池から魚をとりだそうという時に、人間は池の面積が広ければ広いほどよいに多くの努力を払わなければならないであろう。ここで、魚群に直接作用するのは、努力そのものではなくて、単位面積当の努力量即ち漁業の強さである。一例をあげるならば、日本海のイワシ刺網漁業で、対馬暖流が寒流勢力におされて岸近くにおしめられた時に、その沿岸で大漁がおこるというよく知られた事実は、或は漁場内来遊率の変化としても説明されようが、又同様に魚群の分布域がせまくなり、したがつて漁業の強さがました、或は α/A 即ち WIDRIG の Q が大きくなつた結果であるということもできるのではないか。古来、漁業は魚の分布域がせまくなつて、密度の高くなつた時期、場所をねらつて操業していることはあきらかである。かくして、WIDRIG の Q 、或は RICKER の k にかえて、 α/A を用いることによつて、純粋に或はこれに近く、漁具の機械的性能のみに関係した常数 α を定義することができる。

以上の論議及び有効努力の概念を合せて考えると、次のような重要な結果が得られる。特に回遊性の魚について、ある年に海況等の影響により、魚群が著しく濃縮され、しかも漁業者がその濃縮された魚群を発見し利用する充分な技術をもっているならば、その他の年と全く同じだけ、或はたとえより少ない具体的努力量 X (漁船数、航海数等) をもつてしても、魚群に極めて強い圧力を加える事が可能である。これがもし、漁場内来遊率の増加や、豊漁の年には、漁船数、網数は同じ

でも、その使用回数がますますことによって、必然的に努力量も多くなることの影響を考え、さらにはこのような状態が何年も続くとするならば、たとえ漁船数がふえなくても、その時期には資源に重大な影響を与えることもあり得るのである。永年にわたって安定を続けていた漁業が、急に大豊漁にめぐまれたが、まもなく漁獲量の急激な減少をきたしたというような場合、統計面にあらわれた努力量が（まして漁船数等が）全期間を通じて一定であるからというだけで、乱獲説を否定することはできない。

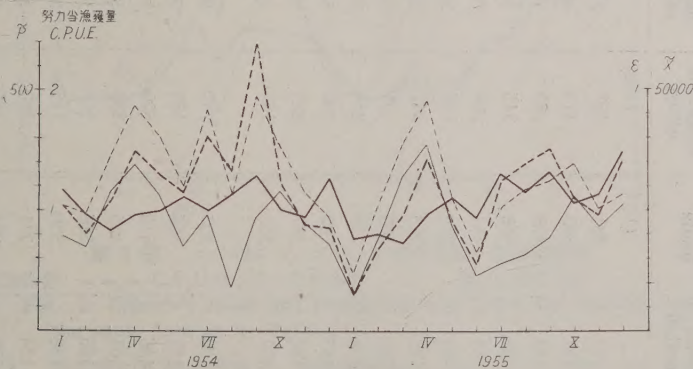
IV. 以西底曳漁業についての二つの例

資源の密度指数や有効努力を計算するには、かなり短い期間別で、かなりこまかい海区分の漁獲量（尾数又は重量）と努力量の統計が必要である。この種の統計としては、日本では、以西の底曳漁業（トロール及び機船底曳）の統計以外には、容易に利用できる形で発表されているデータは少ない。以西底曳については、トロール、機船底曳それぞれについて、水産庁福岡漁業調整事務所から、緯度経度 30 分ずつの海区（農林漁区）別の曳網回数、及び魚種別漁獲量（箱数）が月別に発表されており、又主要魚種については、同様の統計が銘柄別（大小別）に西海区水産研究所から発表されている*。銘柄別統計は、これが年令と関連しているという点で、極めて重要である。

重要な魚種全部について、又銘柄別のわかっているものはそれによつて、データのある期間全部にわたつて、密度指数を計算することは、以西の底魚資源解柝上ぜひ必要なことである。さしあつてはそれだけの余裕がないので、機船底曳について¹⁴⁾、キダイ、*Taius tumifrons* (T. & S.) 及びエソ**の二つを例として、1954 年 1 月から 1955 年 12 月までの値を計算した。計算式をくりかえして示せば、

$$\begin{aligned} \text{有効努力} & \quad \bar{X} = A \sum Y_i / \bar{P} \\ \text{有効度} & \quad \varepsilon = \bar{X} / \sum X_i \\ \text{資源量指数} & \quad \bar{P} = \sum Y_i / X_i \\ \text{1 曳網当漁獲量} & \quad \sum Y_i / \sum X_i \end{aligned}$$

ただし、 Y_i は i ますめでの漁獲重量（箱）、 A はますめの数である。結果を第 2 表及び第 1 図第 2 図に示してある。



第 1 図 キダイについての、有効努力量、資源量指数

—— $\bar{P}$, 資源量指数 - - - C.P.U.E., 努力当漁獲量 —— $\bar{X}$, 有効努力量 - - - ε , 努力の有効度
Fig. 1. Effective effort and population size index for *Taius tumifrons*
(the same data as in Table 2).

* 底魚資源調査研究連絡、西海区水産研究所資源部

** 真道(1956)¹³⁾によれば、ここにいうエソはワニエソ、*Saurida tumbil* (BLOCH), トカゲエソ、*S. elongata* (T. & S.) 及び少数のマエソ、*S. undosquamis* (RICHARDSON) (標準和名は松原 1955⁸⁾ による)を含んでいる。

第2表 キダイン及びエソの資源量指数と有効努力量

年 月	利用ますめ数 No. of regions exploited	曳網回数 No. of hauls	タヌキ <i>Taenia taeniiformis</i>				サウリダ Spp. <i>Saurida</i>				
			有効努力 $\bar{X}$ Effective effort	有効度 e Effective- ness of effort	資源量指数 $\bar{P}$ Population size index	C.P.U.E.	IV, V 地区 ますめ数 No. of regi- ons in south- ern area	有効努力 $\bar{X}$ Effective effort	有効度 e Effective- ness of effort	資源量指数 $\bar{P}$ Population size index	C.P.U.E.
Month			(100)	(%)	(薄函 box)	(薄函 box)		(100)	(%)	(中函 box)	(中函 box)
1954											
1 Jan.	147	361	197	51.8	292	1.04	67	314	82.5	227	1.27
2 Feb.	147	353	172	48.7	240	0.80	63	212	60.1	156	0.64
3 Mar.	139	398	289	72.7	207	1.08	67	238	59.8	168	0.72
4 Apr.	150	368	345	93.8	239	1.49	76	415	112.8	162	1.22
5 May	153	353	284	80.6	247	1.30	80	267	75.6	172	0.85
6 June	144	295	176	59.6	276	1.15	68	261	88.4	233	1.43
7 July	143	263	243	92.1	248	1.61	68	258	97.9	323	2.21
8 Aug.	121	160	91	56.6	283	1.32	54	135	84.4	236	1.66
9 Sep.	132	239	234	97.7	321	2.38	56	274	114.4	307	2.66
10 Oct.	155	380	290	76.2	250	1.23	60	464	122.0	303	2.38
11 Nov.	153	387	223	57.5	235	0.88	53	392	101.1	299	1.98
12 Dec.	174	381	180	47.2	315	0.85	63	313	82.2	279	1.32
1955											
1 Jan.	158	327	80	24.2	190	0.30	39	173	53.0	201	0.68
2 Feb.	151	366	189	51.6	200	0.68	41	179	48.9	160	0.52
3 Mar.	146	412	320	77.6	180	0.95	50	263	63.8	176	0.77
4 Apr.	161	405	385	95.1	240	1.42	68	398	98.4	196	1.20
5 May	166	396	219	55.4	274	0.91	62	257	64.8	188	0.73
6 June	138	350	115	32.8	233	0.55	57	242	68.9	207	1.04
7 July	134	274	140	51.2	323	1.24	58	185	67.5	281	1.42
8 Aug.	122	274	160	58.5	286	1.38	50	170	62.0	291	1.48
9 Sep.	135	312	193	61.9	328	1.50	59	275	88.0	374	2.44
10 Oct.	166	405	280	69.1	264	1.10	60	399	98.4	376	2.23
11 Nov.	147	430	216	50.2	281	0.96	53	301	70.0	445	2.12
12 Dec.	150	461	262	56.8	369	1.40	57	386	83.6	370	2.06

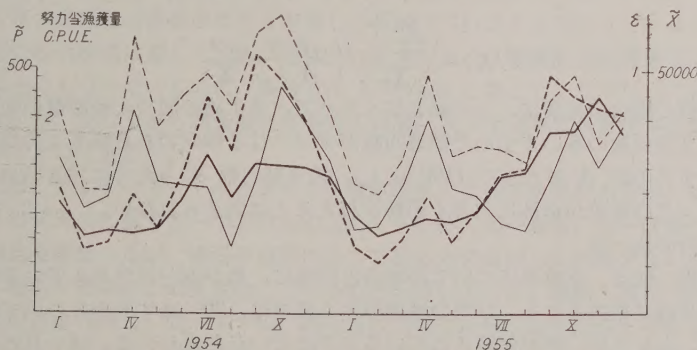
まずキダイについてみると、主漁場の移動による努力の有効度の変化が大きいために一曳網当漁獲量は年内で月により大きく変動しているが、資源量指数の方は季節変化が少ない。このことは、この指数がかなりよく実際の資源量をあらわしている証拠とみることができる。くわしくみると、兩年とも、8、9月頃に山がみられるが、これは加入群による影響ではないかと考えられる。キダイの年減少率は0.7程度とみられ、又フオーク長についての成長曲線もわかつている(田中, 1956¹⁶⁾)ので、真道・青山(1954)¹²⁾によつてこれを体重に換算し、加入の年令を1.4とおくと、第3表のように、加入直後で、加入量当りの資源量がだいたい3となる。したがつて、最高、最低の間で、3:2くらいの季節変動はあつてもよいことになる。資源量指数の変動のもう一つの理由と

第3表 キダイの年令別生残り重量

Table 3. Survival of *Tautus tumifrons* of each age class in weight. If all individuals of a certain year class simultaneously join to the stock, the population will suddenly increase by one half of the initial size.

年 令	Age	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	計 Total
体 重(比)	Body weight	1.0	3.5	7.65	13.9	22.1	
生 残 り	Survival in number	1.0	0.3	0.09	0.027	0.0081	
生残り重量	Survival in weight	1.00	1.05	0.69	0.38	0.18	3.30

して、漁業が全魚群をおこつていないことが考えられる。キダイの主漁場たるIV区(南東部)及びV区(南部)¹²⁾における操業の行なわれたますめの数をみると、資源量指数とある程度関係がありそうである。その外に、資源量指数によつても打消すことのできない変動、即ち漁獲能率の変化が実際におこっているようである。努力量の有効度が常に100%より小さいこと、いゝかえるならば、キダイについては密度が平均密度より低い漁区が多く利用されているということは、この魚種が以西底曳漁業としてはあまり主要な対象魚になつていないことを示すものである。



第2図 エソ類についての、有効努力量、資源量指数

—— $\bar{P}$, 資源量指数 - - - C.P.U.E., 努力当漁獲量 $\bar{X}$, 有効努力量 - - - e , 努力の有効度
Fig. 2. Effective effort and population size index for *Saurida* Spp.
(the same data as in Table 2).

エソの場合でも、有効度の変動は大きく、資源量指数の方が、よほどなだらかな季節変動を示すが、キダイの場合にくらべると、かなり大きい。その原因をくわしく吟味することは、ここではできない。努力量の有効度は一般にキダイより高く、しばしば100%を超えている。

V. 資源量指数の正当性についての吟味

今までのべたように、いくつかの仮定がみたまされている場合には、魚や努力の空間的分布の不均一さの影響を除くことは容易である。しかし、これ等の仮定が実際に満足されているかどうかにか

ついては、さらにくわしい検討を必要とするであろう。ここでは、考えられる要因のいくつかについて、前節で示した以西の例を中心に、簡単な吟味をしてみたい。

1) サンプルングの誤差について

一網の漁獲量の標準偏差は、一般に平均値に従属的で、むしろ変動係数が一定と考える方がよいようである。そこで、標準偏差は密度 d に比例するものとして、これを σd とおく。すると、 $\bar{P}$ の期待値は

$$E(\bar{P}) = \alpha \sum A_i d_i = \alpha \sum P_i = \alpha P \quad (20)$$

分散は

$$V(\bar{P}) = \sum A_i^2 \sigma^2 d_i^2 / X_i = \sigma^2 \sum A_i^2 d_i^2 / X_i = \sigma^2 \sum P_i^2 / X_i \quad (21)$$

変動係数は、

$$C^2(\bar{P}) = \frac{V(\bar{P})}{(E\bar{P})^2} = \frac{\sigma^2 \sum P_i^2 / X_i}{\alpha^2 \frac{P^2}{P^2}} \quad (22)$$

もし、

$$X_i = \bar{X}(1 + \Delta X_i)$$

とおき、

$$\sum \frac{P_i^2}{X_i} = \frac{1}{\bar{X}} \sum \frac{P_i^2}{1 + \Delta X_i} = \frac{1}{\bar{X}} \sum P_i^2 (1 - \Delta X_i + \dots)$$

とあらわせるものとする、 $\sigma/\alpha = \sigma'$ とかいて

$$\begin{aligned} C^2(\bar{P}) &= \frac{\sigma'^2}{\bar{X}} \frac{\sum P_i^2 (1 - \Delta X_i + \dots)}{P^2/A} \\ &= \frac{\sigma'^2}{\bar{X}} \left\{ 1 + A \frac{V(P_i)}{P^2} - A \frac{\sum P_i^2 \Delta X_i}{P^2} + \dots \right\} \\ &= \frac{\sigma'^2}{\bar{X}} \left\{ 1 + \frac{C^2(P_i)}{A} - \frac{\sum P_i^2 \Delta X_i}{A P^2} + \dots \right\} \end{aligned} \quad (23)$$

ここでもし、魚が一樣に分布しておれば、 $d = P/A$ したがって、 X 回曳網の平均としての一網当の変動係数は

$$C^2(Y/X) = \frac{\left(\frac{P\sigma}{A}\right)^2}{\bar{X}} / \left(\frac{\alpha P}{A}\right)^2 = \frac{\sigma'^2}{\bar{X}} \quad (24)$$

であるから、一般の場合の精度は、この場合にくらべて、ますめの間での資源量の変動が大きいほどわるくなり、又資源量の多いますめで操業回数が少なくなる傾向のある時もよくない。しかし以西の例では、ますめの数 A が大きく (100 以上)、総曳網回数 X も充分に大きいので、普通の意味でのサンプルングの誤差が全体に大きく影響を与えるとは考えられない。

2) ますめ内の均一性

ますめ内での均一性は、全漁場についての場合と同様に、魚が均一に分布しているか、努力が均一に分布している時に期待される。以西の漁場の中心部では、30' ますめ内については、この双方の条件において、かなり均一性が保障されているのではないと思われる。同一月内でのますめ間の一網当の変動が、隣接ますめでは、似た値を示すことは、密度の連続性を示すものであり、この面からもますめ内での魚の分布の比較的一様さが期待される。

これに対して、沿岸部、大陸棚周辺部においては、資源密度や、或は水深等の海洋条件の急激な変動がみられ、30' ますめではなお不充分と考えられる。しかし、ますめを小さくすることは、統計技術上に困難があり、又後述のように **availability** の問題がおこってくる。

ますめ内のある点に魚群が密集し、又これをねらつて多くの努力が集中する場合には、ますめ内の平均密度がそれほど高くなくても、観測される一網当は著しく大きくなる。一般にますめ内での不均一さは過大推定の方にかたよらせるものと考えられる。しかし、このようなことは、漁場の周辺以外ではおこりにくいであろうから、以西の場合にそれほど大きな影響を与えているとは考えられない。

ここで、均一性という言葉について補足説明をする必要があろう。均一性とはあくまで確率的概念にたつての言葉である。魚が空間中に、ある分布法則をもつてちらばっており、その分布法則がますめの中のすべての点において等しい時に、そのますめ内での魚の分布は完全に均一であるといえることができる。この分布法則は、random な分布、即ち Poisson 分布である必要は全くない。魚が群をなして泳いでいても、その群が、ますめ内のある点をおとずれる確率が、すべての点について等しいならば、ある瞬間の魚の分布は不均一であつても、ここでの目的からいつて均一といえることができる。

これと同じことが努力の側からもいえる。ますめの内のある点を操業地点として選ぶ可能性が、点により異ならないならば、船団操業の場合でも、ますめ内での努力の分布が均一であるといつてさしつかえない。さらに、魚の分布、努力の分布の双方が均一でない時でも、お互いの分布が全く無関係であれば、結果的には正しい答が得られる。

以上の三つの均一性のための条件のすべてがみたされていない時には、その程度に応じてますめ内の均一性がなりたなくなるのであるが、ますめの大きさが適当に小さければ、三つの要素の相互作用によつて、充分によい結果が得られると考えられる。

3) 漁具の漁獲能率の不変性

漁獲能率 α が一定であるという条件は、実際問題としてはかなりきつい条件のように思われる。というのは、一般に同一の漁具で操業しても、魚の密度の変化としては考えられないような一網当漁獲量の変化がみられるからである。

底曳漁業について α の意味を考えると、WIDRIG (1954)¹⁸⁾ にしたがえば、 α は一回の曳網でおおわれる海底の面積 s にその面積内の全魚群のうちのどれだけを漁獲するかという漁獲の効率 η をかけたものである。 s はだいたい機械的特性として決定されるものであるが、 η は漁具の機械的特性の外に、魚の生態、及び形態との交互作用が関係してくる。さらに、曳網範囲を2次元的面積だけでなく、3次元的空间として考えることも必要である。

GULLAND (1955)⁴⁾ は α の変化する条件についていろいろと論じている。そして、調査船による haddock の年令組成と当業船のそれとが著しく異なっていることを示している。そのデータによると、当業船の年令組成は著しく大きい方にかたよつており、10時間当漁獲量では若令で調査船の方が10倍以上にもなつてゐるのに、高令では1/7~1/8と著しく少なくなつてゐる。その原因はよくわからないが、少なくとも調査船と当業船との間、及び年令間の漁獲能率の差の存在を暗示しているといつてよいであろう。

以西の底曳には、オッタートロールと2そう曳機船底曳の2種の漁業があるが、この二つを比較することは、 α の変異性に関する一つの目安をあたえる。即ち同一場所、同一時期におけるトロールと底曳の一網当漁獲量の比が、場所や時間によつて変るとすれば、これは少なくとも一方の漁業の漁獲能率が、場所や時期によつて変化していることを示している。脇山・真道 (1953)¹⁷⁾ は、キダイについてこの点を吟味し、同一ますめ、同一月について、年ごとに点をとると2漁業種間でかなり高い相関がみられるのに、全ますめ、全月について点をとると、ほとんど相関がみられないことを示している。そして、漁法と海底の状況や魚群密度との間の交互作用の存在を考えている。

個々の漁船の性能の差、船頭の技術の差、或は目的とする魚種による網の要目の多少の変更等は同様に α の値を変化させると考えられる。GULLAND (1956)⁵⁾ は、ある船の性能を標準船に換算する係数の求め方を示している。ただし、彼自身もことわつてゐるように、これはある船にある船頭が乗つた時という条件付きの係数であつて、もし別の船頭が乗つても同じ値を与えるとはかぎらない。多くの要因について、努力量を補正することは望ましいが、困難である。簡単な補正を行なうだけでも、一般にその係数を求めることは容易でない。SILLIMAN and CLARK (1945)¹¹⁾ は、California の sardine, *Sardinops caerulea* について、努力当漁獲量を計算するのに、いろいろの補正を加えて比較しているが、それによると、天候、月、漁船や港の容量による漁獲量の限界、探魚時間による補正は、めんどろな操作のわりには、年度間の変動傾向にほんのわずかの影響しか与

えていない。其の底曳漁業で考えると、串数階級による補正程度は可能であろうが、それ以上については、人手、予算、或いは統計技術の面からいって、現状では不可能であろう。となれば、 α の変化による影響を消すわけにはゆかぬ。

ここで、実際に結果に影響するのは、個々の α ではなく、その全曳網について総合されたものであることは注意すべきである。各ますめの大きさが等しく、その数が A であったとすると、種々の要因によつて換算された努力量を X' 、標準漁具の能率を $\bar{\alpha}$ であらわして、

$$\varphi = \frac{\alpha}{A} \tilde{X}', \quad \tilde{X}' = \frac{AC}{\sum C_i / X_i'} \quad (25)$$

となるが、

$$X_i' = \bar{X}'(1 + \Delta X_i')$$

とおいて、

$$\frac{1}{X_i'} = \frac{1}{\bar{X}'} (1 - \Delta X_i' + \dots)$$

と展開できるとすると、

$$\tilde{X}' = \frac{A \bar{X}' C}{C - \sum C_i \Delta X_i' / C} = \frac{X'}{1 - \sum C_i \Delta X_i' / C} \quad (26)$$

ここでもし、 $\sum C_i \Delta X_i' / C$ は小さいために、努力量の標準化による影響も、1 にくらべて充分に小さいものとする、

$$\frac{\tilde{X}'}{\bar{X}'} = \frac{X'}{\bar{X}'} \frac{1 - \sum C_i \Delta X_i' / C}{1 - \sum C_i \Delta X_i' / C} = \frac{X'}{\bar{X}'} = k \quad (27)$$

したがつて、

$$\varphi = \frac{\bar{\alpha} \tilde{X}'}{A} = \frac{\bar{\alpha} k \bar{X}'}{A} = \frac{\alpha' \bar{X}'}{A} \quad (28)$$

となり、 k が変化しないかぎり、 α' も一定となつて、無補正の努力量を用いても、正しい相対的資源量指数を得ることができる。 k が一定ということは、個々の操業ごとの能率を α_j であらわすと

$$k = \frac{X'}{\bar{X}'} = \frac{1}{\bar{\alpha} \bar{X}'} \sum \alpha_j \quad (29)$$

となるので、全曳網についての α_j の平均が変わらないということである。そして個々の α の変化にもかゝらず、1 万回以上にも達する総曳網の平均としての α はそれほど大きく変り得ないであろうから、複雑な補正は必ずしも必要ではない。

ただし、しばしば問題になるのは、長い時間にわたつての α の傾向的变化である。新しい高性能漁具や、魚探の導入、船の大型化、等は、あきらかに平均としての α に変化を与える。この点を補正するための努力はたえず払われていなければならぬ。又船の大きさによつて漁場の季節移動が異なつていような時には、資源量指数の季節変化がゆがめられる。漁場と漁期によつて層別して有効努力というものを考え出したと同様に、漁船の性能による層別は、ぜひやらなければならないことである。

4) Availability の問題

ここでいう availability とは、漁場内資源量比とでもいうような意味をもつたものである。即ち、前々節で用いた例をつかうならば、 a, b の外に、漁業は行なわれないが魚は分布しているような c 海区を加えて考える時に、availability r は

$$r = \frac{N_a + N_b}{N_a + N_b + N_c} \quad (30)$$

と定義される。

このように定義された availability とは、極めてあいまいな要素を含んでいる。即ち、 r の値は海区の切り方によつてかわつてくるのである。たとえば、 a 海区をさらにこまかい小海区に区切つたとすると、その中のいくつかでは、全く操業が行なわれていないような小海区ができるであろう。

したがって、そのような区切りでは、availability は必ず前の値よりも小さくなる。

このあいまいさは次のようにして取除かれる。 a 海区を a_1 及び a_2 の二つにわけた時、 a_2 海区では全く操業が行なわれていなかったとする。この時の availability は、

$$r = \frac{N_{a1} + N_b}{N_a + N_b + N_c} < \frac{N_a + N_b}{N_a + N_b + N_c}$$

となるであろう。しかし、もし a_1 海区と a_2 海区が全く等質であつて、 a_2 海区で操業した船がなかったのは全くの偶然にすぎないとすると、 a_1 海区だけについての観測値は、全 a 海区からの random sample とみなし得るであろう。そして統計的な意味において、 a_1 海区についての値を全 a 海区に適用することができる。したがって、たとえ a_2 海区での観測資料がなくても、availability は

$$r = \frac{N_a + N_b}{N_a + N_b + N_c}$$

と置くことができる。

実際には、ある特定の海区わけに対して availability が定義される。そして、その海区わけは、一つの海区の中で漁業が充分確率的に行なわれていることが要求される。

以西のキダイの例で、漁場の周辺に当る大陸棚のへりで密度が高くなっている。したがって、漁場の外まである程度魚が分布しているのではないかと考えられる。又、それほど明瞭なわけではないが、キダイの主漁場の IV, V 海区での操業されたますめの数と資源量指数の間に平行的な関係があるようにみえる（第2表）。漁場として利用されていないということは、特定の魚のいないとは必ずしも関係がないのであるから、もし漁場外にまで魚が分布しておれば、その数は資源量指数には含まれないことになり、その分だけ資源量の過小推定となる。

この問題には二つの面が考えられる。一つは全体的漁場範囲が資源をおおっているかどうかということ、そして他の一つは、その漁場範囲内でのすべてのますめがその時期に利用されたかどうかということである。一つのますめ内での均質を保障するためには、ますめの大きさが小さいほどよいが、一方あまり小さくすると、全く利用されなかつたますめの数がふえ、いたずらに availability を小さくさせる。以西の底曳漁場の中心が北にうつる季節には、南部漁場での操業が少なくなり、漁場範囲内での、曳網回数 0 のますめの数がふえる。キダイの場合、この時期には、南部漁場での一曳網当りも一般に低くなるようであるので、それほど重大ではないかもしれないが、いずれにしても問題としてのこされる。

availability の問題の二つの面のうち、後者については、実験計画法における欠測値の取扱方に準じて処理できる場合もあろうが、特に前者は、漁場外について予想することはできない。さしあたっては、そのような海域について調査船によつてデータを補充する以外に方法はない。

availability が 1 より小さい場合、つまり一部分のみが利用されているような資源についての理論は、又別の機会に発表する。

5) 漁獲の影響の生物学的等価性

ある一つの年級について、或は既存の魚の資源について、その数の変動に関するかぎり、どのようににかたよつた漁業が行なわれていても、その影響はのぞかれて、正しい数の変動を予想することができよう。しかし、ここでただ全体の数さえ等しければ、生物の集団として等価であるかどうかについて吟味をする必要がある。たとえば、特によい産卵場所における密度が著しくへらされて、その結果全体としての親魚の数は変らなかつたが、再生産力が減退するとか、特に密集した海域で適当な間引が行なわれて、全体としての成長が大いによくなつたとか、その他、可能性としてはいろいろのことが考えられよう。しかし、現段階において、この種の漁業の影響についてほとんどわかつていないといえよう。

調査研究の第二の段階においては、当然充分検討されなければならないが、当面の状況においては、一応無視するのがよからう。実際にこの問題がおこるのは、人為的管理によつて、努力量の空

間的、時間的分布を大きく変化させるような場合に、その効果を正しく予想する上の必要からであつて、しからざる時は、この点を調査すること自身が困難であるし、又それほどさしせまつた重要事とも考えられない。

VI. 摘 要

1) 相対的資源量を示す指数としての努力当漁獲量は、しばしば魚や漁船の分布に偏りされて、正しい結果を与えない。これを補正するために、時間と海区について層化することを考えた。二つの海区のそれぞれで漁業が行なわれている時に、全体の資源に効果的に作用している漁業の強さはそれぞれの海区での強さ（単位面積当りの努力量）を、海区ごとの努力当漁獲量を加重にして平均したものであらわれる。そして、このようにしてはかられた有効努力は、魚又は努力が均一に分布している時には、実際の努力量に一致する。二つの海区についての理論は、容易に多海区についての理論に拡張される。

総漁獲量を有効努力で割ると、密度指数が得られる。密度指数に漁場面積をかけたば、資源量指数が得られる。有効努力と実際の努力の比を努力量の有効度とよぶことにした。

2) 努力量を面積で割つた量、即ち漁業の強さというものの重要性を示した。魚群への影響は努力量ではなく、漁業の強さではかられる。

3) 以西の機船底曳漁業の統計によつて、キダイ及びエソについて、1954~55年にわたつて、毎月の資源量指数を求め、これと一度網当漁獲量と比較した。漁場の季節的移動にもかかわらず、資源量指数はよい結果を与え、層別の効果が示された。

4) 資源量指数の正当性についての若干の吟味を試みた。i) 標本抽出の誤差は、以西の底曳については、標本数が十分に大きいので、問題とならない。ii) 各層内の均一性については、漁場の周辺部をのぞいて、それほど大きな影響があるとは考えられない。iii) 漁獲能率の不変性については疑問があるが、平均としてみれば、かなり安定していよう。しかし永年にわたつての傾向的变化をのぞくためにも、漁具の能率によつて層別することを考えるべきである。iv) availability は重要な要素である。以西の底曳ではさほど影響はないかもしれないが、将来の研究を要する。v) 個体数の上では等しくても、生物集団としてみた時、かたよつた漁業の圧力が完全に同等であるかどうかという点では疑問がある。同じ有効努力も生物学的には等価でないかもしれない。

文 献

- 1) BARANOV, T. I. (1918) : *Nauchnyi issledovatel'skii iktiologicheskii Institut, Izvestiia*, 1 (1), 81—128. (笠原・深滝共訳、水産科学叢書, No. 1, 水産庁)。
- 2) BEVERTON, R.J.H. and S. J. HOLT (1956) : "Sea Fisheries, their investigation in the U.K.," London, 372—441.
- 3) BEVERTON, R.J.H. and S. J. HOLT (in press) : *Fish. Invest., Ser. II*.
- 4) GULLAND, J.A. (1955) : *Fish. Invest., Ser. II*, 18 (9), pp. 46.
- 5) GULLAND, J.A. (1956) : *Fish. Invest., Ser. II*, 20 (5), pp. 41.
- 6) 笠原 吳 (1948) : 日本水産, 研究所報告, 3, pp. 194.
- 7) 木部崎 修 (1956) : 水産科学, 22, 6—11.
- 8) 松原喜代松 (1955) : "魚類の形態と検索" 東京, 243—4.
- 9) RICKER, W.E. (1940) : *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 5 (1), 43—70.
- 10) RUSSELL, E.S. (1931) : *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 6 (1), 3—20.
- 11) SILLIMAN, R.P. and F.N. CLARK (1945) : *Calif. Div. Fish and Game, Fish Bull.*, 62, pp. 76.
- 12) 真道重明・青山恒雄 (1954) : 西海区水研研報, 3, 33—65.
- 13) 真道 重明 (1955) : 西海区水研, 東海・黄海における底魚資源の研究, 3, 1—86.
- 14) 水産庁福岡漁業調整事務所 (1954—5) : 以西トロール 機船底ひき網漁業漁獲統計要報, 15 (1954), 16 (1955) 17 (1955), 18 (1956)。

- 15) 田中 昌一(1956) : 東海水研報, **14**, 1—13.
- 16) THOMPSON, W.F. and F.H. BELL(1934) : *Rep. Intern. Fish. Comm.*, **8**, pp. 49.
- 17) 脇山国定・真道重明(1953) : 西海区水研, 底魚資源調査研究連絡, **18**, 2—7.
- 18) WIDRIG, T.M. (1954) : *Fish Wildl. Serv., Fish. Bull.*, **94**, 141—166.

An Index to Relative Size of Fish Population and Effective Fishing Effort

Syoyiti TANAKA

Synopsis

1) Catch-per-unit-effort, a useful index to the population density, is often seriously affected by ununiform distribution of either fish or fishing effort. In such situations, two ways might be considered, from statistical point of view, to eliminate the effect; one is randomization, and the other, stratification. Here, the latter is adopted by dividing the whole fishing ground simply into two homogeneous strata—regions *a* and *b*. Using the notations in Table 1, we may write fundamental equation for each region as (1). If the relation between fishing coefficient and fishing intensity is (5), we obtain (7) and the effective effort (8). The expression (8) is the same as that proposed by BEVERTON and HOLT (1956).

The difference between the actual fishing intensity and the effective fishing intensity is expressed as (10), and the effective effort would be equal to the actual one, when effort and/or fish are distributed uniformly over the fishing ground (11, 12).

Density index to be obtained by dividing the total catch by the effective effort would produce the population size index when multiplied by the area of the ground (13, 14). It is interesting to compare two kinds of the effort. Here the author suggest to call the ratio between them by a term effectiveness of effort (15).

2) Various forms, proposed by several authors for expressing fishing mortality coefficient (16–19), are compared to point out the signification of the conception “fishing intensity”. The density of fish should vary when the area in which fish is distributed changes in size. Consequently, *Q* by WIDRIG would vary in inverse proportion to the change of the area. Whereas some constant *c* in BEVERTON and HOLT's or *α* in this paper depends mostly on the mechanical efficiency of gear.

3) Two examples, using the administrative square, 30 × 30 miles, as stratification, are shown in regard to *Taius tumifrons*, a kind of porgy, and *Saurida* including three species (see foot-note on page 5) caught by trawlers in the East China and Yellow Seas during the period 1954–55 (Table 2, Figs. 1 and 2). It is obvious from the figures that a greater part of the seasonal fluctuations in catch-per-unit-effort are due to variation in the effectiveness of effort, while some of them probably to recruitment (Table 3).

4) Discussions presented concerning the validity of the index in the above examples are these. i) As the sample size is quite large, sampling error may be negligible (23). ii) Heterogeneity within the regions would not be so serious except the coastal waters and on the periphery of the fishing grounds. iii) While there may remain some problems to be solved in regard to the invariability of gear efficiency, the average for the whole operations should stay fairly constant from month to month (26–29). However, in order to avoid the effect of secular change of the efficiency, it is necessary to stratify the gear by the efficiency, e.g. size of ship. iv) Availability (30) would seriously affect the index, though it is expected that in the fishery cited here, almost all areas fish population inhabit have been exploited. v) Effects of fishery should be considered not only from a view point of the effects on the total number or weight of fish but also, if the effective effort is the same, in the light of the biological equivalency of the effects on, for instance, reproduction.

カタクチイワシの鱗について -I. 体の部分による鱗形の相異および溝条の機能

近 藤 恵 一

魚鱗の表面に認められる主な構造は、隆起線と溝条である。隆起線はその形成状態の変化により輪を形成し、その輪数によつて魚体の年令を知ることが出来る。鱗による年令査定の研究は、隆起線の変化状態の研究であると言つても過言ではない。しかし、溝条についてはそれが年令指標とならない(久保・服部・川崎 1949¹⁾、佐藤・田中・本郷 1950²⁾)ことから、あまり多くの研究が行なわれていない。

溝条の機能について、PAGET (1920)³⁾ は、溝条内に或種の細胞が存在していること、および多数の細管が縦走していることを報告し、MASTERMAN (1924)⁴⁾ は、Roach(*Rutilus rutilus*) 鱗の切断面を観察し、下層(繊維層)の物質が溝条内に乳頭状に隆起していることを認めている。PEVSNER (1926)⁵⁾ も、血管等の通路と考えた。

一方 TAYLOR (1916)⁶⁾ は、“繊維層は充分柔軟性がある”という見地から上述の見解をさけ、種々の理由を附して、“溝条は鱗を屈曲させるためにある”とし、その後この見解は、PEYER (1931)⁷⁾ により支持された。NEAVE (1940)⁸⁾ は、溝条の部分に bony layer がないばかりでなく、その下の基底になつている繊維性薄層に ichthylepidin が満されない特別の状態になつていることから同じく“溝条は鱗に柔軟性を与える”としている。ROUNSEFELL and EVERHART (1953)⁹⁾ も、これ等の研究者と同じ見解を述べ、現在外国ではほぼ意見が一致している。

しかし我国では、研究者により未だその見解が一致せず、相川 (1949)¹⁰⁾ は、放射線(溝条)を真の放射線と偽放射線に分け、前者の機能は“機械的衝撃から鱗を保護する役目をもつ”と考え、後者は“余りに薄い鱗を強固に保つ効果がある”と述べている。川本 (1956)¹¹⁾ は、“溝の機能については明瞭ではないが、鱗の栄養の運搬路にあたるものと考えられている。また或学者によると、魚体の運動に都合が良いように鱗を屈曲させるためにあるものだといわれる”と述べ、また久保・占原 (1957)¹²⁾ は“この器官(溝条)の機能は明瞭でないが従来の研究者は栄養の運搬路に当るものと考えているようである。Taylor は、魚体の運動に都合が良いように、鱗を屈曲させるためにあるものだ」と称しているがあまり賛成しがたい”と述べている。

筆者は、カタクチイワシ *Engraulis japonica* (HOULTYIN) の鱗による年令査定を行うにあたり、体の部分による鱗相の変異について充分の見解をもつ必要にせまれ、左体側鱗総てについて観察を行つた。そして、体の部分による鱗長と鱗幅の変異および被覆部長と露出部長の関係を検討し、年令査定に用いる鱗の附着する範囲を調べると共に、体の部分による溝条の配列状態の相異、およびその構造から、溝条の機能について、Taylor と同様に、鱗に柔軟性を与えるためという見解を得たのでそれ等の結果を報告する。

稿を進めるに先立ち、貴重な御助言と懇切な指導を惜しまれなかつた、本所資源部長中井甚二郎技官および林繁一技官、また標本を採集された福島県水産試験場秋元義正技師に対し、深甚の謝意を表する。

I. 材料および方法

用いた標本は、下記のカタクチイワシ 2 個体の左体側鱗である。

a. 漁獲日：昭和31年3月4日

漁場：鹿児島県薩摩半島南沖

体長：11.3 cm

体 重: 12.6 g

b. 漁獲日: 昭和31年4月6日

漁 場: 福島県小名浜沖

体 長: 14.7 cm

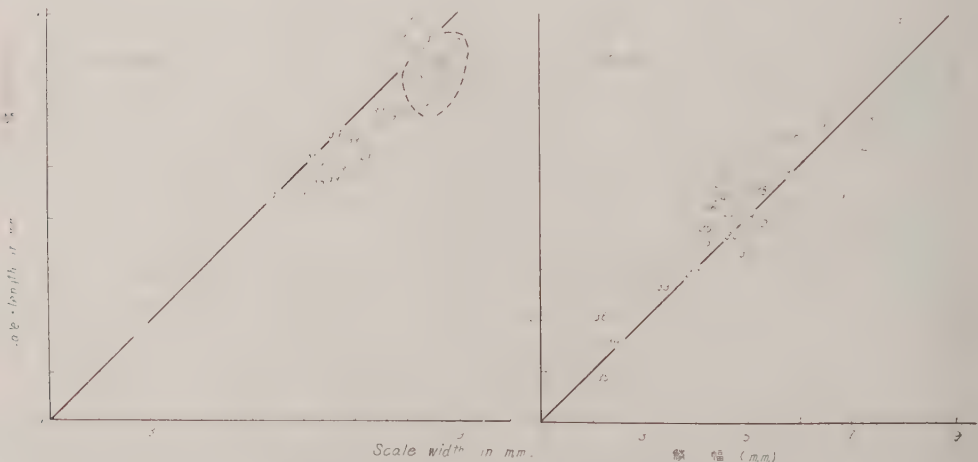
体 重: 34.3 g

体側鱗全部採取することを原則としたが、既に若干の鱗が剝離していたため、採鱗枚数は a で 226 枚, b で 311 枚であつた。採取した鱗は、5% 苛性カリ溶液に浸漬し、粘液および汚物を除去し、2枚のスライドガラスに挿み観察された。観察には、10 倍の解剖顕微鏡および日本光学社製万能投影器を用いた。

溝条の構造を観察するため、セロイディン法またはセロイディン・パラフィン法により、鱗の薄切標本を作製した。厚さは、原則として 10μ とし、染色には、硝酸銀およびヘマトキシリン、エオジンを用いた。

II. 体の部分による鱗形の相異

カタクチイワシの鱗は、背中線から腹中線迄9列に並び、その第IV, V列では、1縦列約 45 枚附着している。これらの列に属する背鰭下方の鱗、即ち体側中央部鱗は、鱗長よりも鱗幅がやゝ大なる傾向を示す。被覆部の隆起線は、側部で鰭縁と平行に走り、端部で鰭縁と斜めに交る。露出部の隆起線は、鰭縁と直角方向に配列された細かい欠切として多数存在し、その間隔は、被覆部のそれに比べ非常に狭い。但し、再生鱗では、再生部分で隆起線を欠く。また大形魚の鱗では、側部で鰭縁より被覆部の隆起線を欠くことが多い。このような隆起線の配列は、体の部分によって著しく異なる。I, II および VIII, IX 列の鱗では、被覆部の隆起線は、鰭の側縁に交ることなく、同心円状に隆起線である。またこれ等以外の鱗では、露出部の隆起線を欠く。III および VII 列の鱗では、被覆部の隆起線は、体側中央部のそれと同じであるが、露出部の隆起線は、体の側中線にあたる部分に、一部欠けが存在しない。IV ~ VI 列の鱗は、体側中央部鱗と略々同様の隆起線を有する。上述の如く、被覆部と露出部とは、隆起線の性状を異にし、両者で明らかな境界線を形成する。従つて、この中央を鰭の発生の起点と考えている。従つて鰭長等の測定にあつては、ここを基点とした。

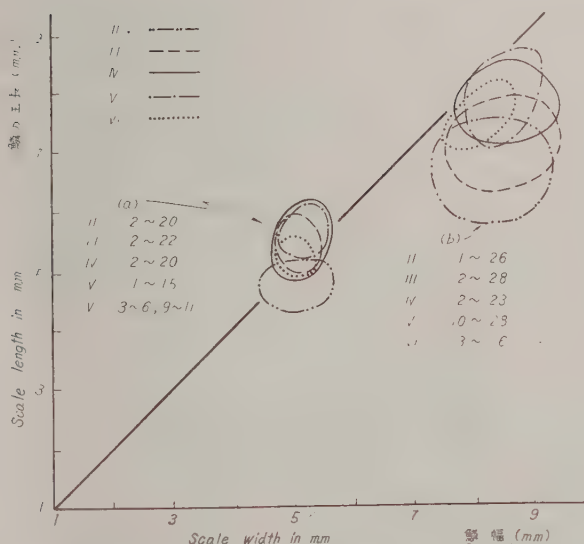


第 1 図 体の部分による鱗の全長と鱗幅の関係

図中のアラビア数字は、採取された最初の鱗から数えた番号を示す

Fig. 1. Length-width relationship of the scales from different rows.

Arabic numerals show the scale number starting from the most anterior one.



第2図 基準鱗の大きさ(鱗の全長と鱗幅)および分布範囲

(a) 体長 11.3cm (b) 体長 14.7cm

図中のローマ数字は、背中線から数えた、列の番号を示し、アラビア数字は、採取された最初の鱗から数えた番号を示す。

Fig. 2. Ranges of a similar length-width relationship among the scales from different rows.

(a) Body length 11.3cm (b) Body length 14.7cm

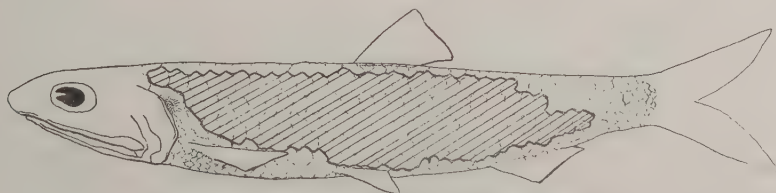
Roman numerals show the number of scale rows starting from the dorsal row. Arabic numerals show the scale number starting from the most anterior one.

増加する傾向と一致するようである (HAYASHI and KONDO 1955¹³⁾)。

(ii) 被覆部長と露出部長の関係

基準鱗の全長に対する被覆部長の比(以下被覆部の長さを鱗長と呼ぶ)の平均は、0.56で、その変動は小さい(C.V. 0.66%)。しかし、この割合も体の部分によつて変化し、被覆部より露出部の大きい鱗は、体の周辺部の鱗或いは再生鱗であり、年令査定に用いるのは不適当である。それ故、総べての鱗について、被覆部および露出部の長さを測定して検討した。

x 軸に被覆部長、 y 軸に露出部長をとり各鱗の測定値をプロットすると、a 個体では(i)の場合と同様に、II～VI列で略々同一の値を示す。b 個体についてみると、II列は、まだ同一の値の処に密集する傾向はみられず(第4図左)、III～VI列で、ほぼ同一個処に密集する(第4図右)。しかし、(i)の結果を考え合せると、採鱗区画は、II～VI列の間で胸鱗基部から臀鰭迄の間とするのが妥当



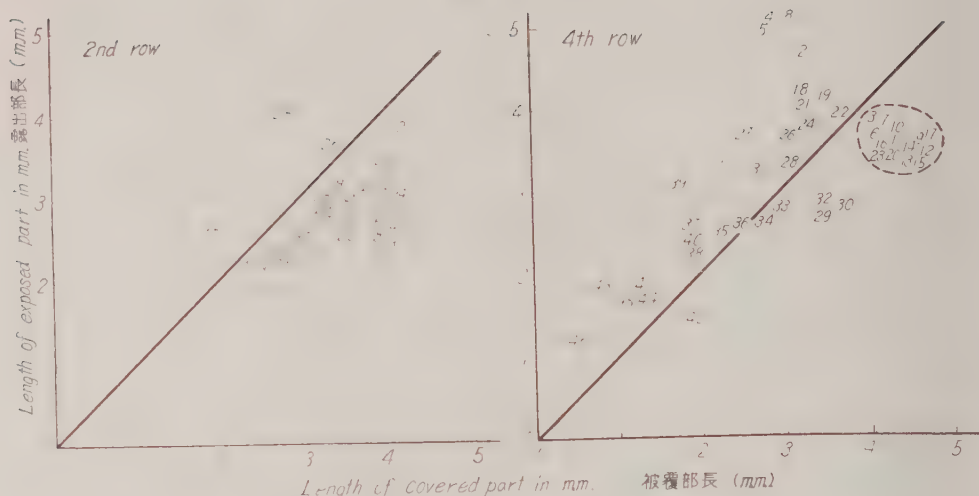
第3図 カタクチイワシの模式図

斜線の部分は、年令査定に用いる鱗の採取区画を示す。

Fig. 3. Diagram of the anchovy. The shadow indicates the body area from which the scales should be collected for the age determination.

(i) 鱗長と鱗幅の関係

鱗の形態は、体の部分によつて著しく相異なる。鱗形を比較するために、鱗幅と鱗の全長(被覆部と露出部を含む鱗の縦軸の長さ)を夫々 x 軸、 y 軸にとり、各鱗の測定値をプロットした。b 個体についてみると、II～VI列では、体側中央部またはそれに近い部分の鱗は、大きく且つ略々同一の値を示すが(第1図左)、I列およびVII～IX列の鱗では、そのようなことは見られない(第1図右)。ここに図示しなかったが、a 個体でも同じ結果が得られた。これ等の鱗は、体側中央部或いはその附近から採取された鱗であり、その鱗の大きさを、第2図に示した。この大きさの範囲に入る鱗は、第3図に斜線で示した部分の鱗であり、休止帯数が一定で、一般に年令査定用として適切と認められる。ここではこれらの鱗を仮りに基準鱗と呼ぶ。第2図に見られるように、基準鱗の形は体長の大きいb 個体で扁平の程度が大きい。これは体長の増加に従つて、肥満度が

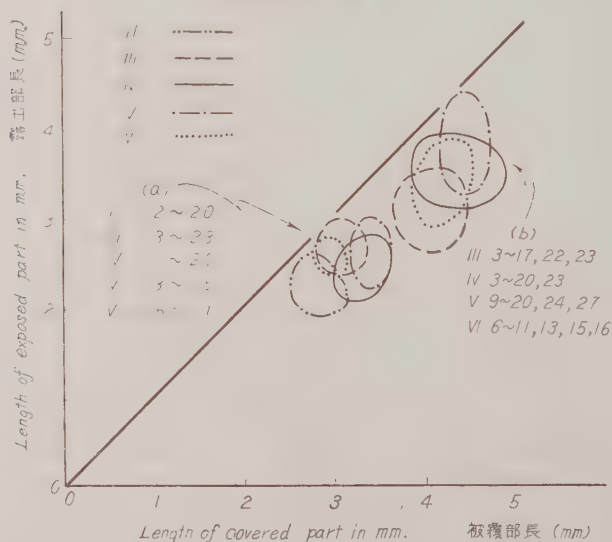


第 4 図 体の部分による被覆部長と露出部長の関係

図中のアラビア数字については、第 1 図を見よ。

Fig. 4. Relationship between the length of exposed and covered parts of the scales from different rows.

See footnote Fig. 1.



第 5 図 基準鱗の大きさ (被覆部長と露出部長) および分布範囲
図中のローマ数字およびアラビア数字については、第 2 図を見よ。

Fig. 5. Ranges of a similar lengths of exposed and covered parts among the scales from different rows.

See footnote Fig. 2.

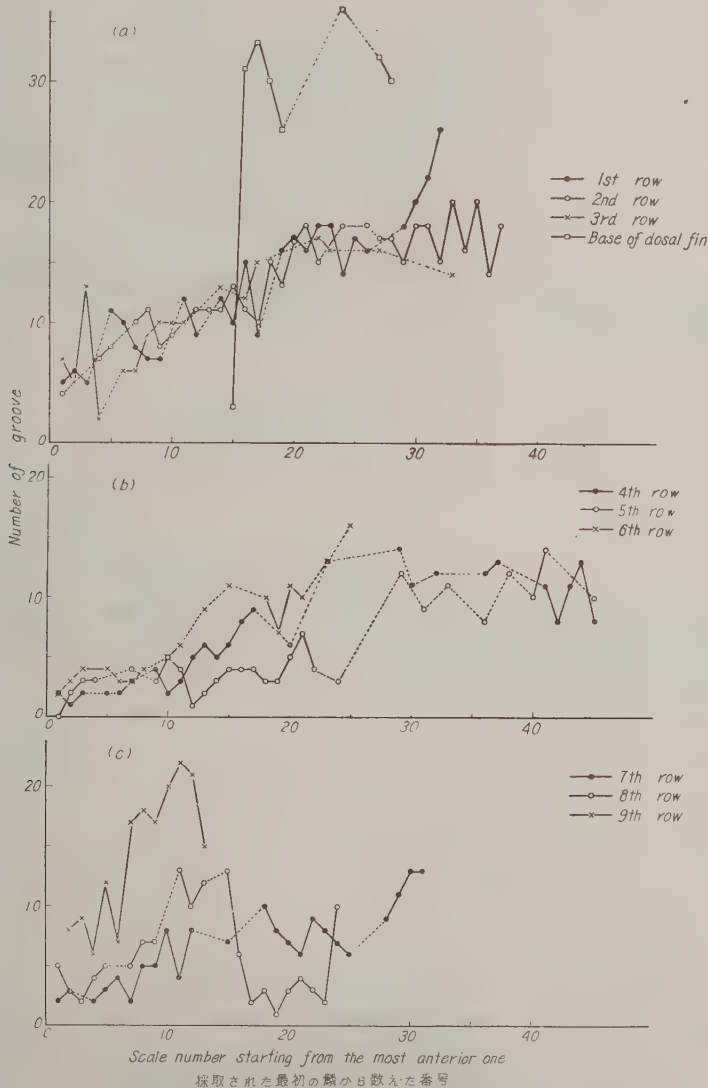
と考えられる。II 列の位置は、ほぼ眼径の上限にあたり、VI 列は胸鰭基部下端にあたる (第 3 図)。

III. 体の部分による溝条の配列状態の相異

基準鱗の被覆部には、中心から鱗縁に向つて走る太い溝条 2~3 本と、鱗縁近くのみにもみられる細く短い溝条数本を認めることが出来る。露出部では、境界線と略々平行に走る横走溝条が数本存

在する(図版: III-29, IV-6, V-5, 14, VI-13)。しかし、この溝条の配列状態は、体の部分によって次のように変化する。

背鰭および臀鰭基底部の鱗は、著しく長く、楕円形をなしている。これらの各鱗は、なかば鰭基部にまたがつて附着し、鰭基部にあたる半面では、鱗の縦軸と平行な溝条が 20~30 本存在し、他の半面には殆んど存在しない(図版: I'-2, 4, 8)。I 列の背鰭より後方に附着している鱗は、縦軸と平行に、然も被覆部から露出部迄連続した溝条が 10~20 本存在する(図版: I-29, 35)。II 列では、被覆部の溝条と露出部の溝条は連続していないが、両者とも中心から鱗縁に向つて放射状に配列され、その数も体側中央部鱗に比較して著しく多い(図版: II-7, 13)。III 列では露出部の溝条はやゝ斜走し(図版: III-10, 14,)、IV~VI 列では、体側中央部附近の鱗は、殆んど総べて横走溝条である



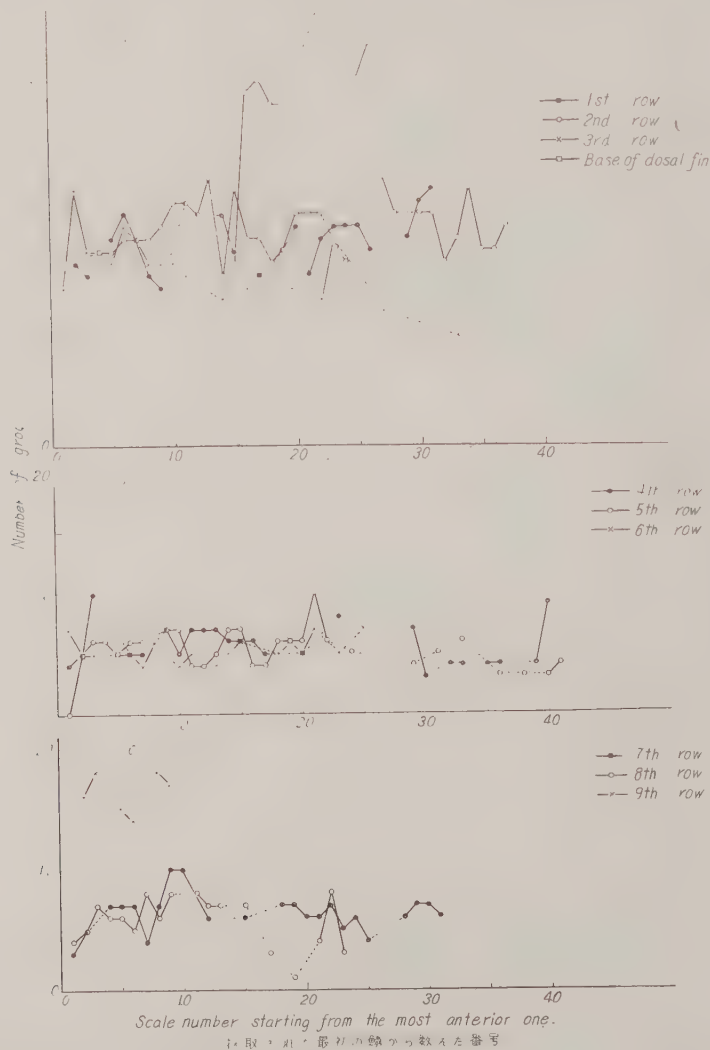
第 6 図 体の部分による被覆部の溝条数の相違

再生のため溝条数を比較出来なかつた鱗は除き、その間を点線で結んだ。

Fig. 6. Number of grooves on the covered part of scales from different rows. Dotted lines indicate no data available because of regenerated scales discarded.

が(図版: IV-6, 30, V-5, 14, 22, VI-13), 尾柄部の鱗は, 被覆部の溝条と連続するものもある(図版: IV-36, VI-23, VII-1)と, 再び放射状の性質を得るものが増え, 被覆部の溝条と連絡するものも現われる(図版: VII-2, 15, 30)。VIII, IX列では, I列の場合と同様に鱗の縦軸とほぼ平行に, 背鰭と腹鰭の間に溝条が多数存在する(図版: VIII-5, 12, IX-2, 5, 7, 12)。VIII列は, 背鰭基底に当り, この溝条は背鰭基底部の鱗と同じ性状を示す(図版: VIII-19, 29)。腹鰭の基部に一枚特異な形の鱗が附着している(図版: VIII-10)。

上述のように, 溝条の数および配列状態は, 体の部分によつて著しく変化する。被覆部についてみると, 背鰭より前方の鱗のうち, I~III列およびIX列のものは, 5~10本の溝条を有するが, IV



第 7 図 体の部分による露出部の溝条数の相違
点線の説明は第 6 図をみよ。

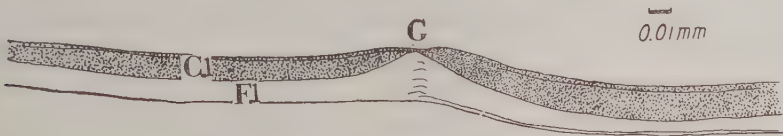
Fig. 7. Number of grooves on the exposed part of scales from different rows.
See footnote of Fig. 6.

～Ⅷ列では 2～5 本である。但し各列とも尾柄部の鱗は、その数を増す傾向があり、Ⅰ～Ⅲ列およびⅧ列の鱗では、16～20 本、Ⅳ～Ⅶ列では、10 本前後に達する。なお鰭基部の鱗の溝条数は特に多く約 30 本位である（第 6 図 a～c）。露出部では、被覆部のように、尾柄部で、その数を増す傾向はみられない。Ⅰ～Ⅲ列およびⅧ列のものは、12～22 本の溝条を有し、Ⅳ～Ⅶ列のものは、3～10 本で、大部分のものは 5 本乃至 6 本である（第 7 図 a～c）。

IV. 溝 条 の 構 造

鱗の最上層は、均一無構造の骨質層 (bony plate) で覆われ、隆起線はこの層の凹凸として存在する。その下層は、最上層に比較して著しく厚く、多数の繊維性薄板から構成され、その上半層には、カルシウムが沈積しているが、下半層には、殆んどみられない。従つて、前者をカルシウム層、後者を繊維層と呼んでいる。

硝酸銀染色によると、上半層は暗褐色に染色されるが、溝条の部分には、カルシウムがないため全く染色されない（第 8 図）。ヘマトキシリン・エオジン二重染色標本により細かく観察すると、溝条は骨質層、カルシウム層を欠いているが、後者に対応する部分は軟かい繊維性薄板で連結されている（第 9 図）。



第 8 図 鱗の縦断面 (硝酸銀染色)

F.L.: 繊維層 C.L.: カルシウム層 G.: 溝条

Fig. 8. Transverse section of a scale. Prepared in silver nitrate stain.

F.L.: Fibrillary layer. C.L.: Carcified layer. G.: Groove.



第 9 図 鱗の縦断面 (ヘマトキシリン・エオジン二重染色)

B.L.: 骨質層 (硝子層) C.L.: カルシウム層 F.L.: 繊維層 R.: 隆起線 G.: 溝条

Fig. 9. Transverse section of a scale. Prepared in haematoxylin-eosin double stain.

B.p.: Bony plate (hyalodentine). C.L.: Carcified layer. F.: Fibrillary layer.

R.: Ridge. G.: Groove.

V. 考 察

Ⅱで述べたように、カタクチイワシ鱗の大きさおよび形状は、その附着部位によつて著るしく異なる。体側に並ぶ 9 列の鱗のうち、Ⅱ～Ⅶ列の胸鰭基部から臀鰭基底部附近に分布するものは、略々一定の形をしている。一方これらの鱗は、輪の数およびその相対位置も安定していることが知られている (HAYASHI and KONDO 1957¹⁴⁾)。従つて、年令査定に用いる鱗は、この部位から採取しなければならないが、実際に得られる標本には、現場の作業上他の部分の鱗が混入することも止むを得ない。それ故、採取された鱗の中から、鱗の全長と鱗幅とが略々等しく、鱗の全長に対する被覆部長の比が、0.56 前後で、且つ、被覆部には比較的粗に配列された同心円的隆起線と放射状

溝条を有し、露出部には、境界線と略々平行に配列された細かい隆起線と横走溝条を有するものを選ぶ必要がある。それ等の鱗は、殆んど第3図に斜線で示した区画内に入る。

IVで述べたように、溝条は殆んどカルシュームを欠いている。従つて、この部分は鱗の屈折に寄与するものと考えられる。またIIIで述べたように、溝条の数と配列状態とは、体の部分によつて著しく異なる。これ等の観察に基いて、溝条の機能を次のように解釈した。

背鰭および背鰭基部にまたがつて附着している鱗では、溝条の多い部分が鱗の基部に附着している。Iの鰭方では、1枚の鱗が背中線を中心にして、輻状に附着している。この等の鱗を採取直後に察すると、体の曲角と同様に湾曲している。また溝条は、この湾曲を生ずるべき方向に配列されている。IIおよびVII、VIII列の鱗が附着している体側は、著しく湾曲している。従つて、その湾曲した体側に鱗を密着させるために、全ての方向に屈折し易い放射状の溝条が発達している。また体側中央部順の後縁部まで溝条が放射状になっているが、これも同じ理由によるものと考えられる。露出部で横走溝条となつてゐるのは、カタクチイワシの游泳方法から解釈出来る。即ち、カタクチイワシは、多くの魚類と同様に、体の屈伸によつて前進する。そのため鱗は、体側に附着するための柔軟性と、体の屈伸に対しての柔軟性をもつていなければならない、この両目的を果すために露出部では体の屈伸軸と平行な横走溝条が発達していると考えられる。更に横走溝条が体の屈伸運動に適合している理由を、被覆部と露出部の溝条数の相異からも説明出来る。即ち、被覆部の溝条は、胸部の鱗では放射状のものが2~5本あるに過ぎず、しかも側部には見られないが、運動のはげしい尾柄部では10本以上に達し、かつ側部にもよく発達している。しかし露出部の横走溝条は附着部位にかかわらず、4~7本であり運動のはげしい尾柄部でもその数を増さない。このように溝条の数は、体の湾曲の著しいところ、および運動の烈しい個所でも、傾向を示している。

鱗の固さは、カルシューム層の厚さ如何によるもので、一般に溝条は、その厚い鱗、或いは魚体に対して相対的に大きい鱗で、柔軟性を増すために良く発達し、薄い鱗や相対的に小さい鱗では存在しない。サケ・マス類の鱗に溝条のない理由は、1枚の鱗が体側で占める面積の割合が、イワシ類、タイ類に比較して極めて小さいため、鱗自体に更に柔軟性を加える必要性がないためと思われる。

VI. 要 約

カタクチイワシの鱗は、背中線から腹中線迄9列に並び、その第IV、V列では、1縦列約45枚である。これ等全ての鱗を用いて、体の各部分による鱗形の相異について検討し、年令査定に用いる鱗の附着する範囲を調べた。その結果、採鱗区画は、第3図に示す斜線で囲まれた範囲が適当である。

体の各部分による溝条の配列状態の相異およびその構造を観察した結果、溝条の機能は、鱗を体に密着させると共に、体の運動を容易にするため、即ち鱗に柔軟性を与えるためといえる。

文 献

- 1) 久保伊津男・服部仁・川崎博之：東京湾及びその近海産イワシの増産に関する研究—II. 資源学的研究。神奈川県漁業増産対策協議会（1949）。
- 2) 佐藤栄・田中江・本郷慶子：マイワシの年令に関する研究 第1報、北海道水産試験場研究報告第6号、（1950）。
- 3) PAGET, G.W. : Report on the scale of some teleostean fish with special reference to their method of growth. *Fishery Invest.*, ser. 2, 4(3), (1920).
- 4) MASTERMAN, A.T. : Report of the scales of certain freshwater fish in relation to age determination. *Fishery Invest.*, ser. 1, 1(3), (1924).
- 5) PEVSNER, V. : "Struktur und Entwicklung der Schuppen einiger Knochenfische." *Zool. Anz. Leipzig*, 68, (1926). (NEAVE⁸⁾ より引用)
- 6) TAYLOR, H.F. : Structure and growth of the scales of the squeteague and the pigfish as indicative of life history. *Bull. Bur. Fish.*, 34, (1916).

- 7) PEYER, B: "Hartgeblide des Integumentes. Cycloid-und Ctenoidschuppen", in '*Handbuch der vergleichende Anatomie der Wirbeltiere*', herausg. v.L. Bolk, E. Goppert, E. Kallius, W. Lubosh. Berlin and Vienna. (1931) (NEAVE⁸⁾ より引用)
- 8) NEAVE, F.: On the Histology and Regeneration of the Teleost Scales. *Quart. Jour. Micr. Sci.* 81. (1940).
- 9) ROUNSEFELL, G.A. and W.H. EVERHART: "Fishery Science" p. 303. JOHN WILEY & SONS, INC., (1953).
- 10) 相川広秋: "水産資源学総論" 148頁, 産業図書出版株式会社 (1949).
- 11) 川本信之: "魚類生理学" 211~214頁, 石崎書店 (1956).
- 12) 久保伊津男・吉原友吉: "水産資源学" 56頁, 共立出版株式会社 (1957).
- 13) HAYASHI, S. and K. KONDO: Growth of the Japanese Anchovy-I. Seasonal Fluctuation of the Condition Coefficient. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 9. (1955).
- 14) HAYASHI, S. and K. KONDO: Growth of the Japanese Anchovy-IV. Age determination by the Use of Scales. *Ibid.* 17. (1957).

Studies of the Anchovy Scale —I.

Difference in the Scale Characters from Various Body Areas, with a
Consideration on Ecological Significance of the Grooves.

Keiichi KONDO

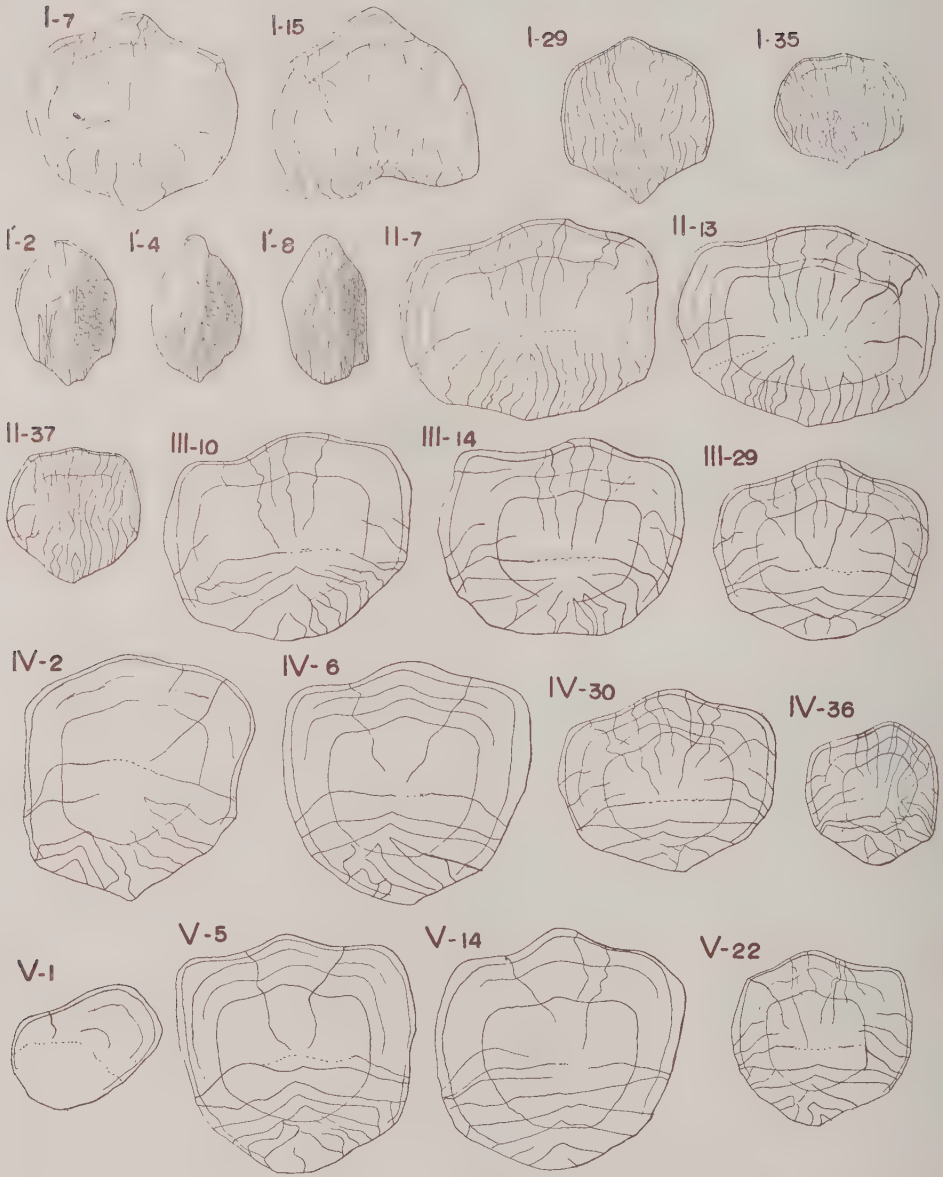
Synopsis

The anchovy has nine scale rows on each side of the body including those on the dorsal and the ventral lines. The number of the scales along either the fourth or fifth row from the dorsal row inclusively is around 45.

On the basis of all the scales removed from two specimens of the fish, an attempt has been made at choosing the representative scales to be used for the age determination and biological significance of the grooves, inferring strips with no bony plate nor calcified layers on the scales.

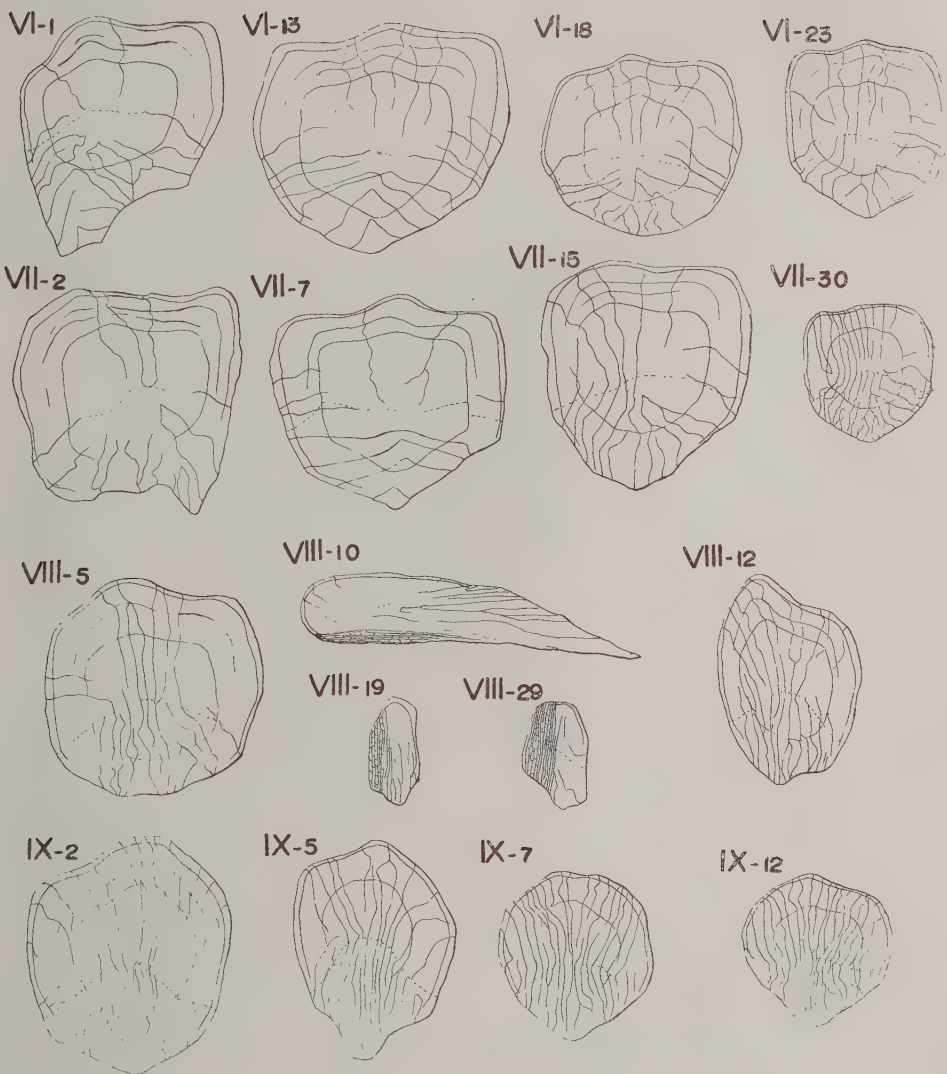
The scales from the body area indicated by shade in Fig. 3 are found to be suitable for the age studies, because the shape is identical each other and because the rings are clearly marked (HAYASHI and KONDO 1957¹⁴⁾).

The arrangement of grooves was found to differ depending on the body part, from which the scale was taken. Since each body part has its peculiarity in swimming function as well as in curvature, it may be feasible to assert that the grooves are to provide flexibility to the scales.



図版：体の各部分の鱗
 ローマ数字，アラビア数字については，第2図を見よ。

(Anterior Part)



(Posterior Part)

Plate: Representative scales from each row.
See footnote Fig. 2.

Two New Species of Bivalves from the Deep Water in Sagami Bay Collected by the R. V. *Soyo-Maru**

Takashi OKUTANI

Among some archibenthic animals collected by the R.V. *Soyo-Maru* from a depth 750m in Sagami Bay on November 12, 1955 during the survey cruise designed by the Sardine Resources Division of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, there were found two new species of bivalves. One of them belongs to genus *Calyptogena* and the other *Halicardia*. Descriptions of them are given below.

The author wishes to express his sincere gratitude to Mr. Z. Nakai, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, who kindly placed the specimens at the author's disposal and rendered much convenience in the course of this work, and to Mr. K. Honjo of the Laboratory under whose direction the beam trawl operations were undertaken and Mr. M. Tsuboi of the same Laboratory for his cooperation. Thanks are also due to Captain K. Imamura and the crew of the R.V. *Soyo-Maru* in collecting the material and to Dr. Is. Taki, Mr. M. Horikoshi, Dr. K. Oyama, Dr. K. Sakurai and Mr. M. Ishida for their interest and help given in regard to the study.

Calyptogena soyoae, sp. nov. (Pl. 1, figs. 1, 4, 5a-b)

Shell equivalve, thick, solid, chalky, elongated ovate in outline, moderately inflated; both valves somewhat gaping; beaks not very prominent, somewhat oblique anteriorly; surface with extremely faint radiation and with weak incremental lines which are almost smooth except a part where every line is constricted at about the middle of shell; such constrictions of the incremental lines form a trace or shallow groove extending from the umbo to the ventral margin; periostracum extremely thin and dull yellowish, but generally eroded; the posterior portion about $2\frac{1}{2}$ times as long as the anterior; antero-dorsal margin short, while postero-dorsal margin long, gently curved downward; the ventral margin very broad, somewhat concaved near the middle corresponding to about the ventral end of the trace of the constriction on the surface, gradually ascending to the antero- and postero-ventral margin; no lunule; escutcheon long, narrow, lanceolated, feebly impressed, extending nearly whole length of postero-dorsal margin; ligament external, stout enough, embedded in rather deep groove, occupying nearly three fourth as long as the escutcheon; hinge plate strong; cardinal teeth somewhat concentric; on the right valve, the anterior cardinal tooth rather prominent, triangular, nearly vertical, posterior cardinal tooth plate-like and obliquely tending to postero-ventralwards, a deep socket between anterior and posterior teeth; on the left valve, the anterior cardinal tooth stout, feebly bifid, the posterior weak, platy and nearly horizontal; pallial line well defined, weakly wrinkled in radial direction, with very shallow sinus; adductor muscle scar well-marked, ovate in outline; retractor muscle scar just above the anterior adductor muscle scar behind the anterior part of

*Received on June 26, 1957.

Contribution A. No. 52 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory

the hinge plate forming a rather deep pit, consequently this part of the hinge plate thinned; the marginal part of the shell not edged.

Dimensions: Holotype(conjoined valve), 106mm in length, 55mm in height, 37mm in width. Paratype (No.1: conjoined valve), 55 x 29 x 19; (No.2: right odd valve), 72 x 38 x 12.

Types are not fresh specimens but remains, and are preserved in the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo.

Type locality: Lat. 35°05'. 1N, Long. 139°33'. 3E, 6 miles WSW off Jôgashima (islet), eastern part of Sagami Bay, Honshu, Japan, at a depth 750m, muddy bottom.

Remarks: It was first considered that abnormality is responsible for the impression of the constriction on the shell surface and such concavity on the ventral margin as in the case of *Sinonovacula constricta* or *Azorinus*. But it later became clear that this constriction is one of the important characteristics of the present species and is more distinct in the early age as is recognized in paratypes. One year after this collection, in November 1956, the R.V. *Soyo-Maru* had a chance to dredge at the same place (the author fortunately on board again) and could collect two valves and a dozen pieces of fragments of the present species on all of which constrictions are more or less observable. The trace of the constriction would likely be more distinct in fresh specimens. Seeing the size of fragments of the larger valves collected there on both occasions this species is estimated to attain at least about 14cm in length.

The shape of the shell is fundamentally the same with the other species of *Calyptogena* Dall (1891, p. 190), but some features are different in such points from each species as described below, respectively.

C. pacifica Dall 1891, differs from the present new one in such points: Smaller in size, the largest specimen ever reported is 64mm in length (by Otatume, 1942); ventral margin not so much concaved; no constriction; periostracum thick greenish; posterior portion about three times as long as anterior; escutcheon deeply impressed; ligament occupies about a half as long as the escutcheon; pallial line quite simple.

C. elongata Dall 1916, is distinguished by its much elongated shape, tumid beaks, short ligament, having no constriction on the surface.

C. nipponica Oinomikado et Kanehara 1938, closely resembles the present new species in appearance, especially its larger size than the other species of this genus. But this fossil species differs from the present new one in these points: No constriction on the surface, notwithstanding nearly straight incremental lines slightly curved about the center of the valves; sculptures well marked, rather rugous; escutcheon rather well developed, extending to a half of the postero-dorsal margin.

The present new species is also allied to *Akebiconcha kawamurai* Kuroda 1943, but the latter has smooth, ovate outline, inconspicuous lunule, short ligament and almost straight ventral margin.

Halicardia (s.s.) nipponensis, sp. nov. (Pl.1, figs. 2,3,6,7)

Shell of medium size, equivalve; stout, strongly inflated, globular in shape; beaks prominent, prosogyrate over the deeply depressed lunule; surface covered with dull, yellowish gray periostracum, which is eroded around the umbo, provided with weak incremental lines, microscopic granules and with delicate radial rows which are extremely crowded and running from the umbo to the ventral margin; the whole of

Two New Species of Bivalves from Sagami Bay

valve is roughly divided by flexures into three portions, *i. e.* anterior, central and posterior; anterior portion distinctly separated from the central by an impressed groove running from umbo to antero-ventral corner, while the posterior separated by a shallow groove running from umbo to postero-ventral corner; anterior and posterior ends round convex, subauricular; the posterior wing is somewhat broader than the anterior; the anterior margin almost semicircular; rather deep but not angular indentation on the antero-ventral corner where the groove runs down from the umbo; shallow, obtuse indentation on the postero-ventral corner due to a flexure; ventral margin round convex; postero-dorsal margin gently sloping down to the semicircular posterior margin and on the antero-dorsal margin there is a well marked, deeply hollowed lunule; no escutcheon; ligament internal, weak; a horse-shoe shaped lithodesma is attached to the ventral side of the ligament; lithodesma stout, pointed at the tips, slightly differs in length of both sides; no hinge on the left valve but poorly developed on the right, provided only with obscure teeth; interior dull pearly, shining, with smooth pallial line having only a hint of sinus; muscle scar ovate in outline, well marked.

Dimensions: Holotype (conjoined valve), 29mm in length, 30mm in height, 28mm in width.

Type locality: Lat. 35°05'.1N, Long. 139°33'.3E, 6 miles WSW off Jōgashima (islet), eastern part of Sagami Bay, Honshu, Japan, at a depth 750m, muddy bottom.

Remarks: This remarkable, strange-looking bivalve is likely allied to *Halicardia gouldi* Dall, Bartch et Rehder 1938, from deep water off Hawaii dredged by the U.S. Steamer Albatross. Comparing with the latter which is greater in length than in height or width and has more smoothly curved margin, the present new species is much more inflated, approximately the same in these dimensions, and has two rather deeper indentions on the ventral margin.

The type specimen was collected alive, but the soft part was unfortunately rotten. Holotype is preserved in the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo.

References

- Dall, W.H. (1891) Proc. U.S. Nat. Mus., **14** (849) : 173—191.
 — (1894) *ibid.*, **17** (1032) : 675—733.
 — (1916) *ibid.*, **52** (2183) : 393—417.
 — (1919) *ibid.*, **56** (2295) : 293—371.
 — (1921) U.S. Nat. Mus. Bull., **112** : 1—217.
 —, Bartch, P. & Rehder, H.A. (1938) Bernice P. Bishop Mus. Bull., **153** : 1—233.
 Habe, T. (1951—53) Gen. Jap. Shells, i—iv: 1—326.
 — (1952) Ill. Cat. Jap. Shells, **1** (21) : 153—160.
 Kuroda, T. (1945), Venus **13** (1-4) : 14-18.
 — & Habe, T. (1952) Check List and Bibliogr. Rec. Mar. Moll. Japan
 Oinomikado, T. and Kanehara, K. (1938) Jour. Geol. Soc. Jap., **45** (539) : 677-678.
 Oldroyd, I. S. (1924) Stanford Univ. Publ., Geol. Sci., **1** (1) : 1-248.
 Otatume, K. (1942) Jour. Geol. Soc. Jap., **49** (590) : 435-437.
 Otuka, Y. (1942) *ibid.*, **44** (522) : 231.
 Smith, E. A. (1885) Zool. Challenger Exp., **13** : 1-341.
 Suzuki, K. (1942) Jap. Jour. Geol. Geogr., **18** : 53-58.
 Thiele, J. (1935) Handb. System. Weichtierkd., ii

Explanation of plate I

Figures 1, 4, 5a-b, *Calyptogena soyocae*, sp. nov.

1. Right side view of the holotype; measured 103mm in length, 55mm in height, 37mm in width.

4. Internal view of the holotype.

5a-b. Paratype (No.1); measured 55mm in length, 29mm in height, 19mm in width.

Figures 2, 3, 6, 7. *Halicardia* (s.s.) *nipponensis*, sp. nov.

Holotype; measured 29mm in length, 30mm in height, 28mm in width.

2. Internal view of the right valve.
3. Left side view.
6. Dorsal view.
7. Internal view of the left valve and lithodesma.

相模湾深海から得られた二枚貝の新種

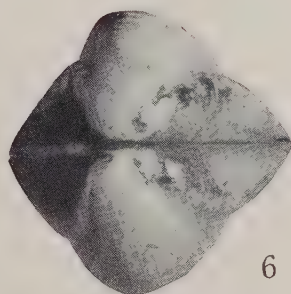
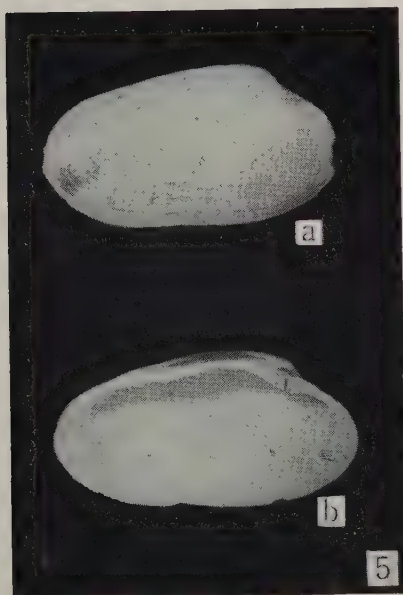
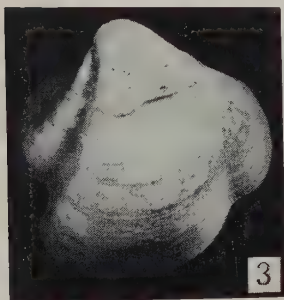
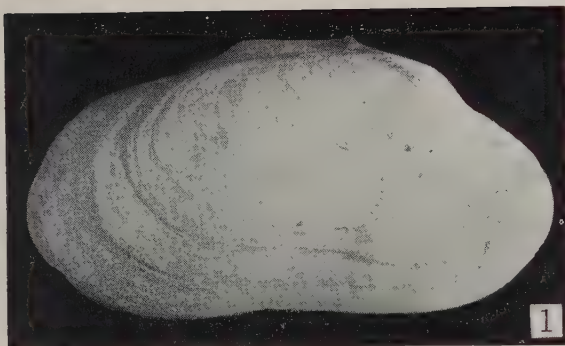
奥 谷 喬 司
要 約

1955年11月、荻鷹丸によつて相模湾の深海の海深 750 m から *Calyptogena* 属及び *Halicardia* 属に含まれる二枚貝の新種が得られたので夫々 *Calyptogena scycae* 及び *Halicardia nipponensis* と命名し、此処に記載した。

Calyptogena scycae は同属の他の種とは、殻が大型であること、殻の中央部附近に殻頂から腹縁にかけて繪れた浅い溝があること、楯面が長く浅いこと、靱帯が長いことなどの点で区別され、形態上、化石種 *C. nipponica* Oinomikado et Kanehara のに最も近似している。

Halicardia (s. s.) に属する種は本邦近海に從來知られてなかつた。*H. nipponensis* はハワイ近海からアルバトロス号が採集した *H. gouldi* Dall, Bartch et Rehder に形が最も近いが、殻が殆ど球形で、長さ、高さ、幅が殆ど同じ点、腹縁前方の切れ込みが深い点などで区別される。

Plate I



Growth of the Japanese Anchovy—IV.

Age Determination with the Use of Scales

Shigeichi HAYASHI and Keiichi KONDO

The Problem

Since remarkable decline of the sardine population in the Japanese waters in early 1940's, the anchovy, *Engraulis japonica* (HOULTUYN), has been of considerable importance to the fishermen, especially in the Pacific coast (for instance, see NAKAI and others³⁴⁾). Despite many biological investigations that have recently been made with this species on account of the tremendous increase in amount of catch, the estimates of age and growth rate have not yet been established among workers.

This is partly attributed to a fact that the length frequency analysis has usually been unreliable to trace the growth even in the first year of life because of extensive ranges in the spawning season and ground for this species. Previous workers attempted to segregate the young fish into broods hatching in different seasons of the year on the basis of mean vertebral counts as well as length frequency data (AIKAWA^{1),2)}, YOKOTA and FURUKAWA⁴⁵⁾, MAKITA³⁰⁾, HAYASHI¹⁷⁾, OTSUKA and others³⁵⁾, Aomori Prefectural Fisheries Experimental Station^{3),4)}, WATANABE⁴¹⁾, YASUMURA and others⁴³⁾, HAYASHI and SUZUKI²²⁾, ASAMI and HANAOKA⁵⁾). But it has been found that the examination of mean vertebral counts was also unreliable in inferring the hatching season of the fish larger than 10 cm in body length (KUBO and others²⁷⁾, HAYASHI¹⁷⁾, WATANABE⁴¹⁾, HAYASHI and SUZUKI²²⁾, ASAMI and HANAOKA⁵⁾).

As for the use of scales to estimate age of an individual specimen, some workers claim that the rings have not been any seasonal marks (KANAI and YOKOTA²⁵⁾, MAKITA³⁰⁾). Nevertheless, there are enough reasons to believe that careful examination of the materials would detect the characters particular to the annuli differing from rings of other categories, because seasonal change of the environmental conditions might be one of the most serious sources of yearly rhythms in the physiology of poikilothermal animals inhabiting the temperate and frigid zones. For instance, not only scale reading of the European anchovy, *E. encrassicholus* (L.), was established in 1900's (PAGE^{14,15)}, MEEK³¹⁾), but also two allied species in the Pacific waters, *E. australis* (WHITE) and *E. mordax mordax* GIRARD, have been determined by ages with use of scales (BLACKBURN⁷⁾, CLARK and PHILLIPS¹⁰⁾, MILLER³²⁾). Working with the Japanese species, INOUE²⁴⁾ reported that the fish larger than 9 cm in body length has one ring on the scales when they were caught in spring months, while no ring was found on the scales of the fish smaller than 9 cm seized in the other seasons. According to more extensive observation by HAYASHI¹⁶⁾, particular types of the scale rings were found to form likely once a year. That definition of annuli, however, has become to be modified when it was re-examined with samples collected in the year of 1953 from the commercial landings in the Pacific coast of Honshu (HAYASHI and KONDO²⁰⁾). In this paper

Received July 2, 1957.

Contribution A, No. 55 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

stress of discussion has been laid on definition and formation of the scale annuli and the growth trend of the fish based on the scale reading.

The authors are much indebted to Mr. Z. NAKAI, Chief Biologist of the Marine Resources Section, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, for his valuable advice and encouragement. Thanks are also due to many persons who were engaged in the painstaking cooperations. The materials on which this study was based were chiefly collected by staffs of the Prefectural Fisheries Experimental Stations and their Branches in Tokai and Tohoku Regions. Messrs. T. KUSAKABE and H. SUZUKI of the Marine Resources Section rendered their efforts in preparing and observing the samples and in computing the numerical data. The English manuscript was prepared with the help of Mr. M. ISHIDA of the same. Finally, the authors' thanks go to Mr. I. Gensho, Director of the Laboratory, and Dr. T. Abe of the same, who made careful reading of the draft.

Material and Method

During three years ending in December 1955, 47,556 specimens, or about 1,000 at a port for a three-month period as designed by the Iwashi Resources Investigation Program³⁹⁾, were collected from the commercial landings at 23 ports in Tokai and Tohoku Regions (Fig. 1). They were measured and recorded by body length (distance from snout to the posterior edge of caudal peduncle, approximately coinciding with the termination of hypural).

Out of these samples, subsamples, each consisting of 20 fish, were collected once a ten-day-period at each port for more extensive surveys including scale examination and counting of vertebral centra. Five of 20—30 scales taken from an anchovy were selected under a dissecting microscope having 10 $\times$ magnification, cleaned by rubbing with absorbent cotton attached on dissecting needles in 5 percent KOH solution, mounted between two glass slides without any medium and given serial number of the specimen. The vertebral column was defined as the total segments between atlas and urostyle inclusively. The counting was carried out on X-rayed photographs⁴⁰⁾.

In addition to the subsamples mentioned above, scales were taken from most of the fish larger than 10 cm among the materials collected for length frequency study, and those of 398 individuals were prepared and examined as considered necessary. Altogether, scales of 6,689 fish from the routine collection were examined in the present investigation.

To determine variation of the scale characters from different body areas, specially collected were two specimens, one being 11.3 cm in body length and 12.6 gr in body weight, caught in the waters south of Kagoshima Prefecture, Kyushu, in March 1956, and another, 14.7 cm and 34.3 gr, in the sea off Onahama, Fukushima Prefecture, April of the same year.

In routine examination of scales, two workers, taking no regard of the relevant data, first read the numbered slides under the dissecting microscope..... *original readings*. One of them, using camera lucida, recorded positions of the center, rings, anterior and posterior margins of the most typical scale of each slide. When there occurred disagreement between two sets of original readings of the same fish, or among the readings of the fish resembling in size, vertebral count and fishing condi-



Fig. 1. Map of the Tokai and Tohoku Regions with index of geographical positions. (In Alphabetic order)

Prefecture		Port of Landing	
Aichi	10	Aburakawa	4
Aomori	1	Ajigasawa	1
Chiba	6	Akabane	18
Fukushima	4	Choshi	9
Ibaraki	5	Funaoka	2
Iwate	2	Hirota	5
Kanagawa	8	Imaishshiki	23
Mie	11	Isohama	8
Miyagi	3	Kanita	3
Shizuoka	9	Katagai	10
Tokyo	7	Katsuura	11
		Maisaka	17
		Misaki	13
		Miya	19
		Nishiura	20
		Onahama	7
		Sajima	14
		Shimizu	16
		Tateyama	12
		Tomita	22
		Toyohama	21
		Uchiura	15
		Watanoha	6

tions, the workers re-examined the slides taking the relevant information into accountfinal determination.

In order to evaluate disagreement ratio among readings of the same scales, slides of 624 fish ranging between 5.6 cm and 14.0 cm in body length were chosen from the 1955 materials in such a way as they would about equally represent those fished in all the months and localities under discussion. The slides were read twice

by each of two workers ignoring the information relevant to the specimens.

In describing scale characters and age of the fish, explanation may not be needed for terms of the scale sculptures including ridge, groove, and boundary line between exposed and covered part. The term, false ring or fault, has been replaced with another one, condition ring, since the rings other than annuli also might form as a result of any physiological disturbance of the fish. The center, or focus, of the anchovy scale has been regarded as the middle point of the boundary line on the analogy of the sardine (NAKAI, unpublished) and the herring (PAGET³⁹⁾).

The following notations will be used for expressing various measurements of the scale defined:

V' : Raw scale length or distance from center to anterior tip of the scale.

v' : Raw ring length or distance from center of the scale to anterior tip of the ring. Especially, v'_n denotes length of the n -th annulus.

m' : Raw marginal increment or distance between anterior tips of the scale margin and the outermost annulus.

V , v and m : Adjusted values of these three measurements with the regression equation of the scale length on the body length. In the forthcoming discussion, the terms, *scale length*, *ring length* and *marginal increment* will refer to these adjusted values, respectively.

r : Relative ring length or v/V .

The body area extending from 2nd to 6th rows, between bases of pectoral and anal fins, has been regarded as the *representative area*, and the other areas, *peripheral one* (Fig. 2).



Fig. 2. Diagram of representative body area.

Roman numerals indicate the transverse sections (see p. 41).

Generally speaking, age of the anchovy has been expressed in accordance with the standards defined for the sardine (NAKAI and HAYASHI³³⁾). Namely, the age was written in a capital Roman numeral corresponding to the number of annuli on the scale when the fish were captured in a season extending between spring and fall. The age of fish caught in early months of every calendar year was stated by number of annuli which had formed in the preceding winters plus one corresponding to a new annulus which formed or would form. The sign placed on the shoulder, *e. g.* I⁺, II⁺ etc., was used for the new annulus yet invisible on the scale.

While some anchovy were found with the new annulus in late fall and early winter before end of the year, age of them was stated by number of annuli which had formed in the previous winters, with another sign indicating that an annulus has newly formed. For instance, the age of a fish which was born in spring of 1954 and captured in December of 1955 has been expressed as I, if the new annulus did

not yet form on the scale, or as I^+ , if it was observed at the margin.

Observation of the Scale

Superficial structure of scale.

Like other clupeoids, the anchovy has thin cycloid scales on the body surface except head and fins. The outline of an anchovy scale from the representative body area resembles that of the sardine's: the anterior tip projects; the length is slightly less than the width; and the boundary line, clear cut. Ridges on the covered part, however, are widely spaced and semiconcentrically disposed as in the salmonoid scales, instead of being very fine transverse sculptures as in those of the other clupeoids. The ridges parallel to the anterior and antero-lateral margins, but run obliquely toward the lateral margins. On the exposed part, there are numerous fine ridges running transversely, which frequently disappear at the periphery of the scale and the positions of rings (Plates I–IV). Variation in these characters is remarkable between scales from different body areas of the fish (KONDO²⁰).

The features of salmonoid scales are also noticed in appearance of some rings, while other rings have many of the characters of the clupeoid rings (HAYASHI¹⁶, HAYASHI and KONDO²⁰). All the rings, however, can not be distinguished each other in character of ridges on the posterior half inclusive of the basal area of covered part. The characters are: the ridges on the posterior half, not paralleling to the scale margins, are interrupted, distorted or fragmented at the positions of rings; there appear some scales, on which the basal ridges of covered part are divided where they cross the rings (Plates II–IV); on the exposed part of scales from the fish larger than 10 cm, there appear translucent arches beyond the rings (Plates I–III). Therefore, rings are classified according to arrangement of ridges in the anterior half of scale to the following general types.

Type *a*: On many of anchovy scales, it appears that typically broadish bands of well-separated ridges alternate with typically narrower bands of approximated ones. Continuing with semicircles in the posterior half, the bands of closely-disposed ridges form rings paralleling to the outline of scales (Plates I–III). Annuli of the Australian anchovy defined by BLACKBURN⁷) seemingly belong to this type which resembles annuli of the salmonid and percomorphi scales (for instance, see EBINA¹²),¹³), HAYASHI¹³), WICKETT and GIBSON⁴²).

Type *b*: Anterior arches of the second type of rings are characterized by irregularities in arrangement of ridges, including distortion, branching, fragmentation,

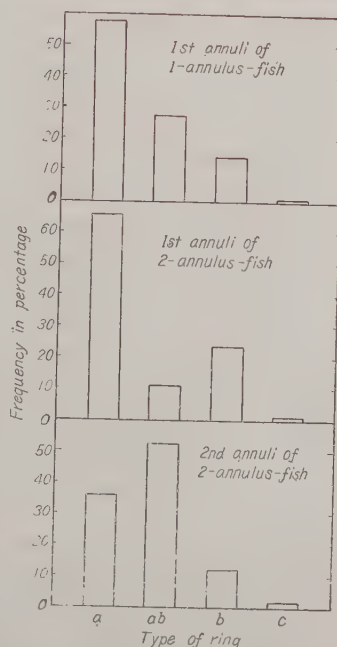


Fig. 3. Ring type frequencies of the annuli on the anchovy scales, 1953–1955

interruption and disappearing (Plates I-IV). In age study of the northern anchovy, MILLER³²⁾ favoured to accept this type of rings as annuli under the name of clupeoid check.

Type *ab*: There appear rings having both features of types *a* and *b* on many scales, especially on those of the fish larger than 9 cm in body length (Plates II-IV). The intermediate rings have rarely been overlooked in the original readings because of the very distinct appearance.

Type *a* dominated among the first annuli, and type *ab*, the second (Fig. 3). As to the type frequency of the first annulus, it was noted that *ab* occupied 27.6 percent of total of the 1-annulus-fish, but only 10.8 percent of the 2 annulus-fish, likely because some of the intermediate annuli were regarded as *ab* on the scales of the young fish but either as *a* or *b* on those of the olds. In other words, the first annulus on the former scales, only a distinct ring, was a change of the sculptures so remarkable that it was regarded as *ab*, while the first annulus on the latter scales was not so clear in contrast to another representative *ab* ring, second annulus, that was liable to be sorted to either *a* or *b*. From the observations that rings forming in the later year of life had accentuated appearance and that the condition coefficient of the large sized anchovy showed seasonal change more remarkably than the small sized ones (HAYASHI and KONDO³⁾), it may be said that the seasonal disturbance in physiological conditions was likely more serious in the older fish than in the younger. This was also reported with the Australian pilchard, *Sardinops neopilchardus* (STEINDACHNER), and the European pilchard, *Sardina pilchardus* (WALBAUM)^{6), 8), 9)}.

Besides three types of rings mentioned above, distinct semicircles, joining to other rings in neighbourhood of the boundary line, were frequently found on the coverd part of scale (Plates II and III). Though the check was never regarded as an annulus, it usually occurred at particular positions of the scale from the fish larger than 9 cm.

Definition of annuli.

In the original readings performed with no prepossession of biometrical and fishing data, those rings which were distinct and complete on majority of scales were recognized as annuli. BLACKBURN (p. 16)⁷⁾ stated that the age-rings (of the Australian anchovy scales) have many of the characters of those of salmonoid scales, and are quite unlike those of clupeoid, though the rings shown in his Fig. 1, Plate 5 look like the clupeoid rings (type *b*). On the contrary, MILLER (p. 14)³²⁾ favoured the clupeoid rings (type *b*) in his age study of the northern anchovy allowing occasional acceptance of the salmoniod rings (type *a*) as shown in his Fig. 17. With all these arguments, the criterion of annuli basing on the ring type may not have to be discussed here, for intimacy between appearances of the present types was affirmed with the above observation.

Of the scales from a few specimens, the original readings differed from those of most fish though they resembled each other in biometrical characters and fishing conditions. Very probably there might be some fish so exceptional from the majority of a population that they did not form clear scale rings in a season when the other did, and *vice versa*. Taking this in mind, the original readings of the exceptional fish were adjusted either by counting relatively indistinct rings located at the positions

similar to the distinct rings of the majority or by omitting some clear rings which formed at the positions differing from the majority judged to be in the same age on the basis of the supplemental information.

Characteristics of condition rings are presented in order to unlock the problems opened by previous workers that the anchovy rings, appearing even on scales of the small fish surely in the first year of life, might not be any seasonal mark (KANAI and YOKOTA²⁵⁾, MAKITA³⁰⁾). Here, it should be noted that some condition rings would be clearly recognized on a small and thin scale but not on a large and thick one. As a matter of fact, KANAI and YOKOTA (pp. 2-4), when they dealt with scales from the large fish, could not point out many of the inner rings that should correspond to the scale rings of the smaller fish. In the present observation, not a few fish as small as 6 or 7 cm captured in the summer had scales with rather distinct rings, and the larger fish, very faint indication of rings in addition to true annuli. Furthermore, KANAI and YOKOTA²⁵⁾ possibly accepted the semicircles as "rings". In consequence, they might obtain many counts of the rings on a scale.

Validity of the scale reading.

It has been a consensus among fishery biologists that the count of clear marks on the hard tissues including scale might at times differ from age of the animal (for instance, see LEE²⁸⁾, BLACKBURN⁶⁾). Besides the error of this type, indistinct marks may cause some faults in interpreting the hard tissues, as has recently been studied with a number of fish species. These logically lead one to a question whether or not the proportion of disagreements is so great as to nullify the scale reading for age determination of the fish.

With this view in mind, the authors have examined reliability of the definition of scale annuli, comparing four sets of independent readings of the same slides from 624 fish, a stratified random sample of all the 1955 materials. They were read twice by each of two workers, A and B, two pairs of reading, being called sets, A₁, A₂ and B₁, B₂. Before discussing results of the parallel readings, it may be worth noting that the work took for A (the junior author) more than two weeks, while for B (an assistant) several days, that the "standard ages", or ages at the final determination, of most specimens were determined by worker A, and that consequently readings by A would agree with the standard for more specimens than those by B.

In Table 1, the results were classified into two categories, either agreement or disagreement with the standard; each category was subdivided by frequency of agreements between the parallel readings. Among 624 fish, 448 were judged to have the same number of rings at four sets. According to the workers' impression, these specimens, subcategories 1-1 and 2-1, were easily determined by age, even though readings of the latter subcategory differed from the standard ages. An individual of the subcategory 2-2, II-age at the final determination, was judged as I at both readings by A and at first by B, or as 0 at the second reading by B. Of these different interpretations of age, only the last one—0-age by B—seems to have likely been caused by the worker who failed to recognize the annulus in his second reading when he was tired towards the end of the day's work. Such a fault like this might as well be responsible for the disagreement in one set of the subcategory 1-2. Number of fish of two subcategories, 1-1 and 1-2, amounted to 468 or approximately 75 percent of total. This indicates that most

Table 1. Result of parallel readings, classified by number of agreement.

Standard age		0	I	II	Total
1. Agreement with the standard ;					
1.	Four set agreement	249	116	44	409
2.	Three set agreement	1	32	26	59
3.	Two set agreement	0	26	46	72
4.	One set agreement	0	18	26	44
2. Disagreement with the standard ;					
1.	Four set agreement	0	28	11	39
2.	Three set agreement	0	0	1	1
Total		250	220	154	624

rings were easily acceptable to these workers. As to the category 2, 11.8 percent of I-age fish and 7.8 percent of II-age were found not to have formed the innermost annulus. On the other hand, a very few, 0.9 percent, of I-age fish, or no II-age fish, formed clear marks comparable with an annulus in the growing season. Although proportion of the fish lacking the innermost annulus was significantly smaller in II-age, it has to be reminded that the supplemental information may help age of the younger fish corrected more easily than that of the olders. For this reason, at least 4 percent of II-age fish are feared to have been determined as I-age even at the final stage. Further attention should be drawn to a fact that the subcategory 1-4, 8.2 percent of I-age and 16.9 percent of II-age group are liable to be erroneously classified to other age groups. This is suggestive that the biometrical information and fishing data of individual specimens in addition to scale reading are requested in age determination of the anchovy.

Eliminating unreadable fish in category 2, age compositions of 584 fish for each set of the parallel readings were compared with the standard (Table 2). The ratios of agreement with the standard were high, around 90 percent for sets A₁ and A₂ or 80 percent for sets B₁ and B₂; and rates of transmission on age compositions seemed to be rather

Table 2. Results of parallel readings, age composition of readable scales by standard age and set.

Set	Reading	Standard age			Total
		0	I	II	
A ₁	0	250	14		264
	I		160	18	178
	II		18	124	142
A ₂	0	250	8		258
	I		146	13	159
	II		38	139	167
B ₁	0	250	26		276
	I		165	77	242
	II		1	65	66
B ₂	0	249	31		280
	I	1	159	88	248
	II		2	54	56
Total		250	192	142	584

large, slightly over 70 percent for sets A's or around 60 percent for sets B's against the entropy of the standard composition, 1.55¹¹⁾. But age compositions of three sets of the parallel readings except A₁ significantly differed from the standard when they were examined with chi-square test.

In order to throw light on variability in the readings of individual workers, the following examination of the materials was made. Among 584 fish, ratios of agreements between four sets (subcategory 1-1) amounted to 99.6 percent for 0-group, 52.7 percent for I-group and 28.6 percent for II-group (Table 1). Adding almost certain agreement between three sets (subcategory 1-2) to the above, the ratios rised to 100, 67.2 and 45.5 percent for 0-, I- and II-groups, respectively. Except 0-age fish, readings of which have been almost perfectly reliable, agreement between two sets of each worker for all the older age groups was examined (Table 3). It may be interesting to observe that worker B had better agreement between two sets of his readings, not to say with the standard, than A who is supposed to be better informed of the scale rings than his assistant. This suggests that it was rather easy to count annuli according to the above definition, though it had not been completed yet when A was engaged in the parallel reading. As a measure of reading variability by one worker, disagreements between two sets was calculated to be less than 35 percent of I-group

Table 3. Result of parallel readings, agreement between two sets by each of two workers; all the scales from I-and II-age fish.

Standard age	I				II		
	0	I	II	Subtotal	I	II	Subtotal
Worker A	3	129	12	144	1	126	127
Worker B	25	157	0	182	58	86	154

or less than 20 percent of II-group. The fact that ratio of agreements of II-age fish was higher than that of I-age fish might be attributable to the distinct appearance of the second annulus (p.36). Speaking of erroneous readings of the younger group, worker A was found liable to take rather indistinct rings for good, while worker B, to neglect them. In case of II-age fish, both workers sometimes overlooked the innermost annulus, B much oftener than A. As far as the readable scales are concerned, the worker who is apt to accept relatively indistinct ring as well had about 60 percent agreement with I-age fish and 80 percent of II-age, the other, with 70 percent of the younger fish and 50 percent of the older.

In attempt at learning probable causes involved in improper definition of the annuli, results of the previous aging method²⁰⁾ have been criticized in the comparison with the present ones. The most serious fault introduced by the previous method when it had been applied to the specimens collected in 1953 was pointed out by a finding that relative marginal increment, one minus relative length of the outermost annulus, became small in the fall as well as in the winter.²¹⁾ Since relative increments do not proportionate to the actual increase in scale length, the previous measurements were converted to the adjusted marginal increment, *m* (Fig. 4). It should be noted that the mean increment of the 1-annulus-fish by the previous definition was less than 0.70 mm at middle of December while the values suddenly increased to about 1.00 mm in late of the month, staying there till early spring. Other contradictory

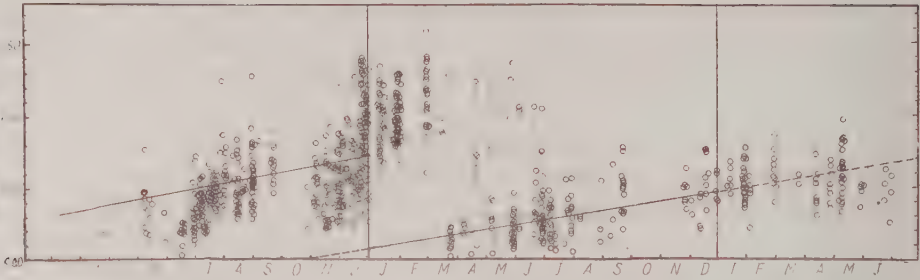


Fig. 4. Previous estimate of growth of the anchovy scale (calculated from HAYASHI and KONDO²¹⁾)

evidences are that no segregation of the broods spawned in different seasons of the year was possible with the length of the first annulus and that the estimated scale length of the 1-annulus-fish at the end of the year was much smaller than that of the 2-annulus-fish at the beginning (Fig. 5).

A study on 690 disagreements out of 1,766 specimens was indicative that according to the previous reading the fish were regarded older, mostly by one year, than the present estimates (Table 4). Responsible for the overestimation of ages, which likely caused the contradicto-

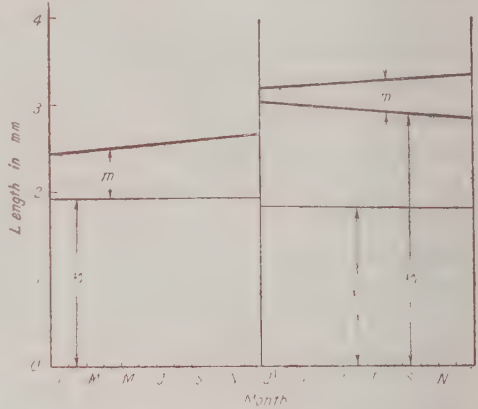


Fig. 5. Seasonal trends of lengths of scale and annuli by age based on the previous definitions (calculated from HAYASHI and KONDO²¹⁾).

Table 4. Disagreement between the previous and present scale reading of the anchovy collected in 1953, classified by cause of the previous errors.

Age by present reading	0	I		II		Total
Age by previous reading	I	II	III	III	IV	
Previous error by acceptance of indistinct inner rings :	251	133	18	53	1	456
Previous error by misinterpreting the marginal increment :	119	44	0	71	0	234
Total	370	177	18	124	1	690

ry seasonal fluctuation of the ring lengths was either one of the following.

1. Indistinct rings or semicircles were recognized as annuli. That kind of the previous faults, occupying about two-thirds of the total, was liable to occur in 0- and I-age fish regarded as such in the present definition. This is probably because the scales of these youngs were so plain that any change in superficial structures would give workers a remarkable impression.
2. For the fish which was caught in the annulus formation period but had not yet formed the new annulus on the scale, the age was adjusted in taking the marginal increment into account (pp. 34—35). In the previous examination, as the annulus was considered to form only after beginning of the year, the new annulus which formed in late fall was often regarded as the old one.

Frequency of these faults, about one-third of the total, was especially high among the II-age fish.

Summing up above observations, one may be warranted to use the scale readings in estimating age for all 0-group, about two-thirds of I-group and one half of II-group. Well-trained workers will be able to determine, only through scale reading, age of more than 70 percent of the large sized anchovy. However, about 30 percent of the fish larger than 10 cm may not be correctly determined unless other information indicating age of the fish would have been obtained.

Variation of scales taken from a specimen.

In regard to several fishes including two species of *Engraulis* (BLACKBURN, p. 17¹¹, MILLER, pp. 18—20³²), it has been reported that the scales taken from different body areas of a specimen varied in distinctness and relative lengths of the rings. In the present investigation, the scales from periphery of body were not used for the purpose of age determination because some of them were found without the first annulus that was clearly marked on all the scales from the representative area.

Table 5. Analysis of variance of mean relative lengths of the first annulus on scales from the representative body area of the special sample II.

Source of variation	d. f.	Mean square
Scale row	4	0.007 244***
Transverse section	4	0.002 266***
Errors	43	0.000 745
Interaction	11	0.000 995
Individual scale	32	0.000 660

In Tables 5—7, significant difference as a probability is denoted as;

* less than 5%, ** less than 1% and *** less than 0.1%

In order to learn variability in the measurements of scales from the representative area, mean relative ring lengths were examined for the materials from 25 subareas sorted by the scale row and transverse section as in Fig 2. Speaking of the specimen I, 11.3 cm in body length, the relative lengths of the first annulus, only distinct ring, was averaged 0.947 with variation coefficient 0.94 percent for all the materials, not differing significantly depending on the subarea. Significant differences between 20 subareas (scales were not collected from 5 subareas), however, were found among the relative lengths of two annuli on the scales of the specimen II, 14.7 cm. The scales from the second row and/or from the IV-section showed significantly large relative length of the first annulus, of which the grand mean was 0.612 with variation coefficient 6.1 percent (Table 5). On the relative length of the second annulus, the variation coefficient of the grand mean, 0.957, was estimated to be only 1.7 percent although effect of interaction between the row and section was highly significant. As mentioned above, every scale from the representative area of the both specimens showed the same number of annuli, and the variation coefficient of the annulus lengths, especially, of the outermost one, was usually very small when compared with the grand mean. For these reasons, the following examination on the scale characters was carried out with all the materials which were identified to have been taken from the representative area²⁶⁾.

One may often find, among the materials in routine collection, however, a few scales which, while they have character of those from the representative area, look extra-

ordinary larger or smaller than those from other fish similar in body length. Since the anchovy scales come easily off, there is no assurance that the field workers did not mistake the materials of one specimen stuck on the other's body. To the end of eliminating faults in the field collection, the regression line of the scale length on the body length and its 95 percent confidence interval were estimated with the 1954 materials, discarding 27 fish from the materials collected in the three years (Fig. 6). This treatment seemed to verify the materials to be used in the subsequent discussion.

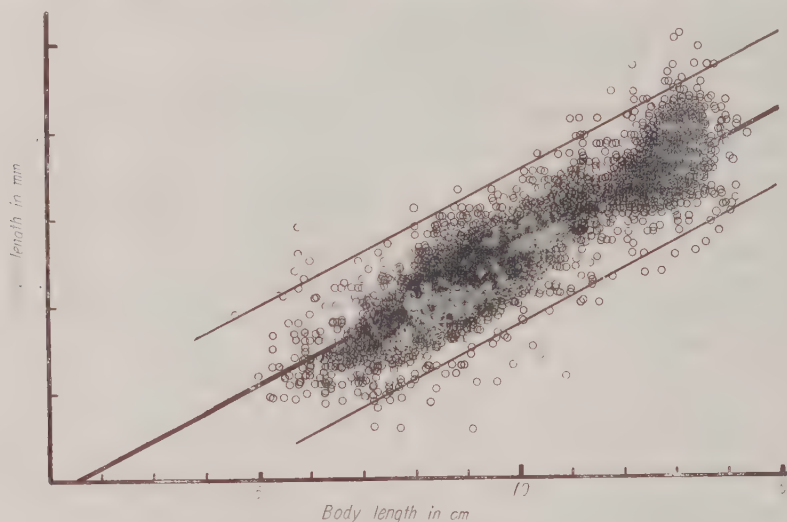


Fig. 6. Body length-scale length relationship of the anchovy caught in 1954. Heavy line and light lines indicate the regression line of scale length on body length and its confidence interval at the probability of 95%, respectively.

Out of 103 scales from the representative body area of the special sample II which was large and old enough to represent the fish having many chances to lose the scales, 60 were ortogeretical. This indicates that at least more than 10 scales should be collected from the body area of each fish for the age determination.

Annulus formation period of the year.

Through the experience of scale reading, it was inferred that the distinct rings defined as annuli have been forming in colder seasons of the year. The indication was more clearly recognized from inspection of the marginal increments of individual scales (Fig. 7). When arbitrary boundaries were chosen to separate *narrow* from *wide* marginal increments, say the 0.20 and 0.15 mm points for the 1- and 2-annulus-fish, respectively, the scales having the narrow increments were observed at high percentage during November to May (Fig. 8). The general growth rate of scales, regression coefficient of the increment on 10-day-period, of the 1-annulus-fish did not remarkably differ from year to year, 0.0220 mm in 1953, 0.0226 mm in 1954, 0.0237 mm in 1955. The rate of the 2-annulus-fish collected in 1953, 0.0070 mm, however, was far smaller than that of the oldest fish either in 1954, 0.0184mm, or in 1955, 0.0172mm. This discrepancy might be attributed to a fact that II-age fish with relatively narrow increments were abundant among the catch in May 1953 when the major season was prior to June.

Provided that the annuli form in a restricted period of the year, length of the

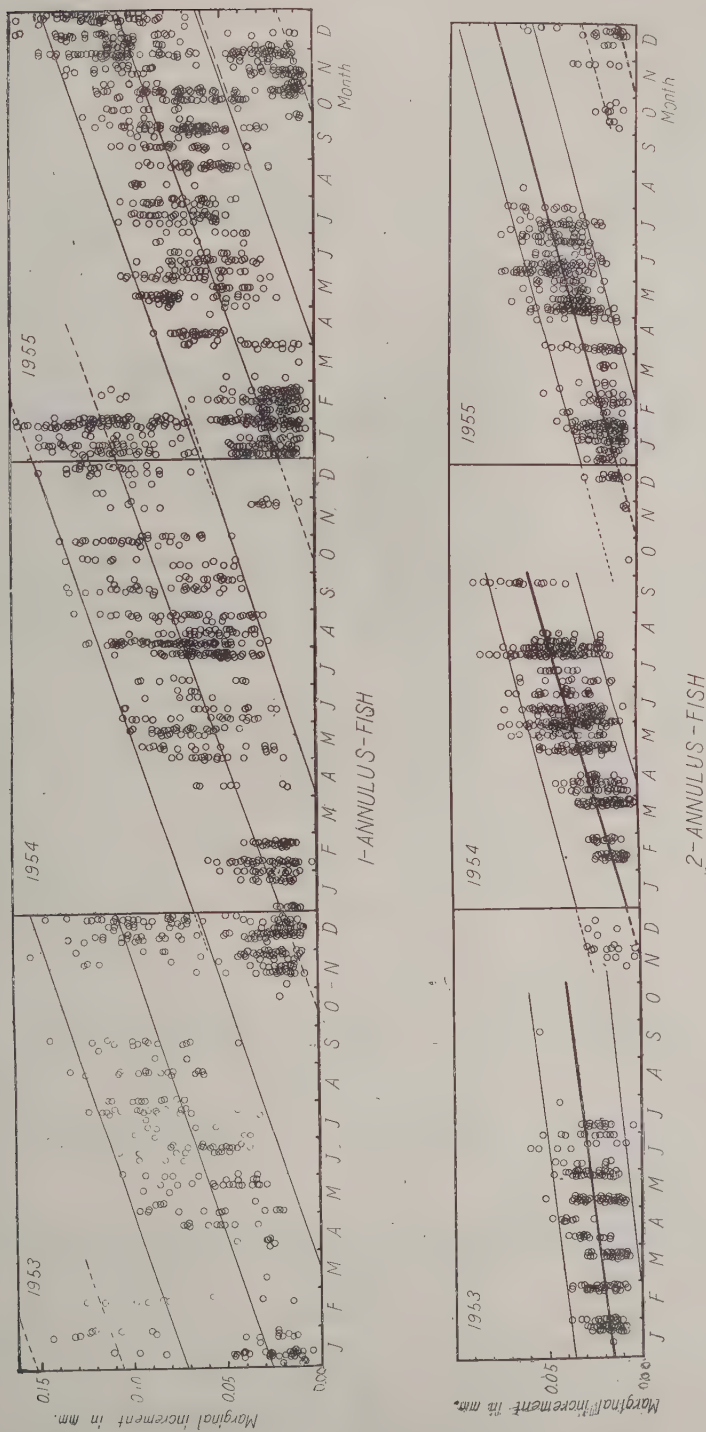


Fig. 7. Growth of the anchovy scale, 1953—1955.

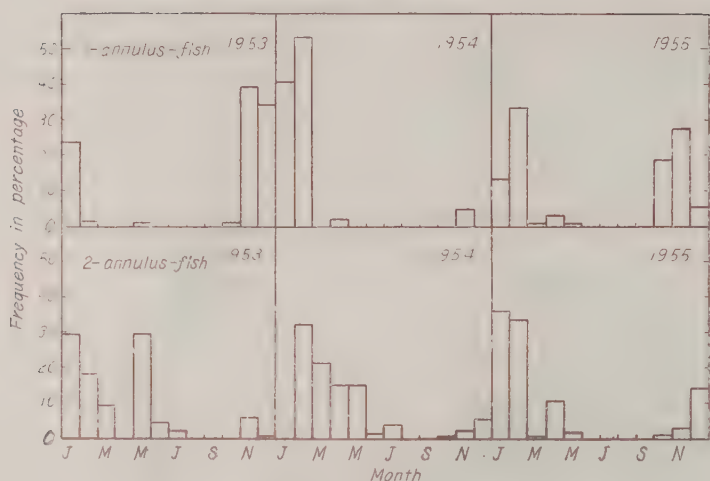


Fig. 8. Monthly frequency of the anchovy with narrow marginal increment of the scale.

first annulus should differ, at least in the I-age group, depending on the broods spawned in different seasons because, at the time the first annulus forms, the body length varies remarkably from brood to brood. As a matter of fact, the ring lengths of the 1-annulus-fish extended over 2 mm interval (Fig. 9). When the fish were segregated, on the basis of the body length as well as mean vertebral counts, into two general broods occurring in the spring or the fall, it was detected that the modal ring lengths of the older broods, extending between 2.0 and 2.7 mm, were far larger than those of the younger ones, 1.5–1.9 mm. However, one has to be careful to apply

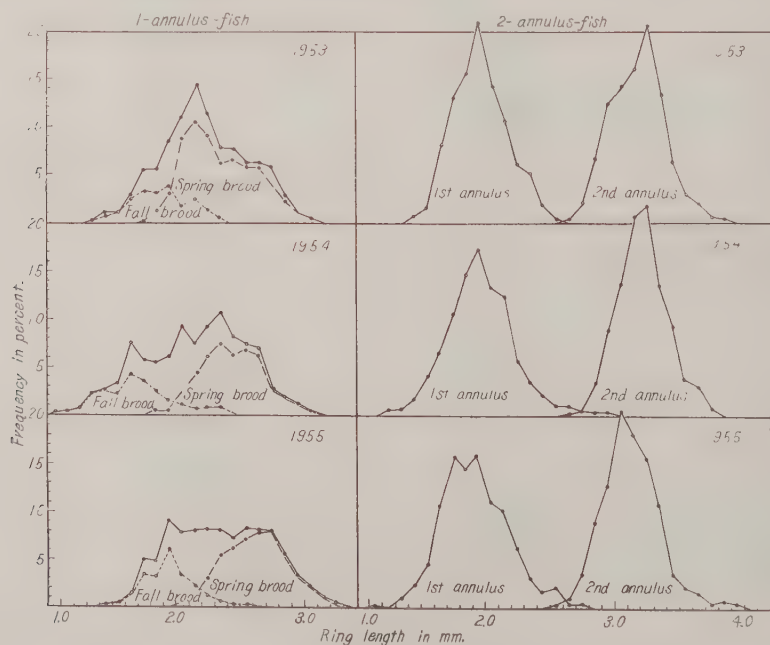


Fig. 9. Ring length frequency of the anchovy, 1953–1955.

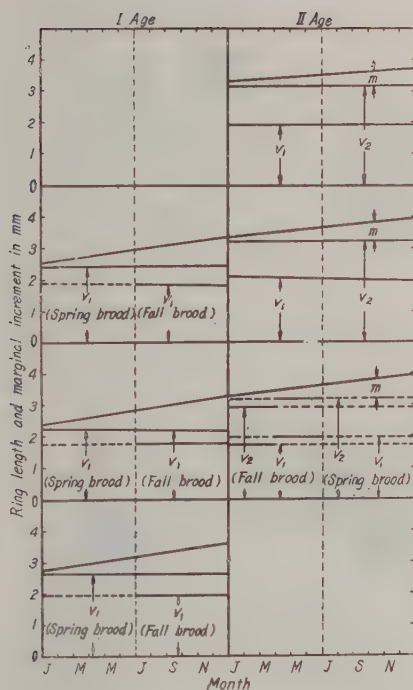


Fig. 10. Seasonal trends of lengths of scale and annuli by age, 1953-1955.

rings under discussion can be regarded as true annuli which become visible in a period from November to the subsequent May, remaining at particular positions of the scale throughout the entire period of life. The annuli, which may become outstanding when the scales have grown enough to expose them, must form before the early winter to spring, probably in the late fall to winter.

Growth Trend of the Fish

From analysis of length frequency and vertebral count data, an attempt was made to investigate general growth trend of the fish as a check on scale reading (Fig. 11). The Pacific waters have been regarded to include the main spawning grounds for most of the anchovy populations under study¹⁷⁾ except those in Mutsu Bay, which might be immigrants from the Japan Sea on the analogy of the sardine in the bay¹⁸⁾. Therefore, the description will be given here separately by region.

Mutsu Bay.

During the fishing season June to December, set nets produce a greater part of the landings from Mutsu Bay in the north end of Honshu. The data from the catch in 1953, though they had been scarce, showed that 0-age fish attained 6-11 cm at the end of the year. Analysing the data in the subsequent years, staff of the Aomori Prefectural Fisheries Experimental Station reported their findings which may be summarized like this^{3), 4)}.

When the length frequency of the 1954 samples were compiled by 10-day-interval, there appeared five groups, A to E. The mean body lengths in late November and the mean vertebral counts are estimated as: A, 7.6 cm and 45.23; B, 8.4 cm

this segregation to the 2-annulus-fish because their body lengths, even if they were spawned in different time of the year, tend to overlap each other. When the annulus formation period is restricted, it is also expectable that the annulus length should either remain constant or, taking Lea's phenomenon into account, slightly decrease in contrast to growth of the fish. This was usually accepted, except the ring lengths of the 2-annulus-fish caught in 1955 (Fig. 10). Of this exceptional age group, a number of the fall brood caught in the period January to March, obviously contributed to the decline of ring lengths in the early part of the year (p. 55). When the age group was divided by the hatching season, it became evident that the ring lengths of both the spring and fall broods remained at certain values during 1955 and that the older brood had the larger ring lengths than the younger one.

From above inspections, it is possible to conclude that most of the distinct scale



Fig. 11. Body length of the individual fish segregated to year class through the scale reading. Open and black circles indicate the odd and even year classes, respectively.

and 45.35; C, 9.2 cm and 45.42; D, 10.0 cm and 45.27; E, 10.7 cm and 45.16 (Fig. 12). The 1955 samples, on the basis of the body length frequency again by 10-day-interval, are segregated into the small, less than 7 cm; the medium, 8 to 11 cm; and the large, over 12 cm. Among the small fish, four subgroups appeared: A, caught in early July to early August; B, middle of August to middle of September; C, October and November; D, middle of December. The mean vertebral counts of A and B, both 45.64, are significantly higher than that of C, 45.26, or D, 45.19. But no significant difference by season or by size was found among the vertebral counts

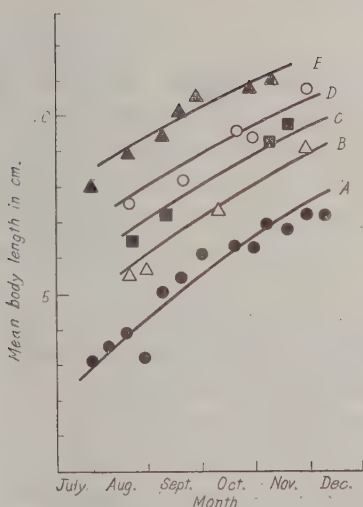


Fig. 12. Modal lengths of samples taken in 1953 from Mutsu Bay (after Aomori Prefectural Fisheries Experimental Station³⁾)

the anchovy having immigrated to the bay in those two years. Among the fish exploited in 1954, groups, A, B and C, are regarded as broods which occurred in or before the summer of 1954, E and D, in early and late fall of 1953. The reasons are that, except the latter two, they had no annulus on their scales, and that B and C were found with mean vertebral counts higher than the other groups. Of the small sized fish in 1955, the subgroups, A, B and C, are inferred to grow at similar rates with C, B and A in 1954, respectively. On the basis of the mean vertebral counts, length frequency and scale reading, the former two subgroups in 1955 are assumed to be the spring broods and the latter, the fall one. Referring to the medium and large sized fish in 1955, retardation of growth and intermingling of broods may be responsible for no significant difference in their mean counts that were found by size of the fish nor by the fishing months. With scale reading, the large sized fish caught in the early summer, 12–14 cm, and the medium ones in the fall and early winter, 10–13 cm, were estimated to be II- and I-age, respectively.

Judging from these observations on the commercial catch in Mutsu Bay during 1953 through 1955, the growth trend of the anchovy was outlined as follows. In the beginning of season, June or July, the small anchovy, around 3 cm in body length, appear in the bay, growing up 6–7 cm at the end of August and 9 cm or more in early December when they leave the bay. In addition to this brood probably hatching out in the spring, several broods enter the fishing ground. The latter, smaller in the length, with fewer vertebrae, attain 4–9 cm by the time of leaving the bay also at the end of year. In their second year of life, I-age fish, when entering the bay in June or July, are 8–12 cm in body length. The size-vertebrae relationship of them is still observed but not so distinct as that of 0-age fish. The I-age fish decrease in number with progress of the month and measure 11–13 cm in body length at the end of year. In the early summer, II-age fish, 12–14 cm, occupy some parts of the catch, but soon

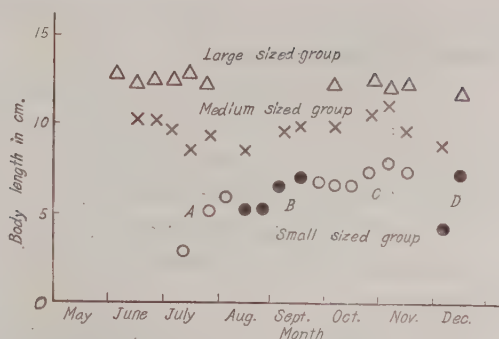


Fig. 13. Modal lengths of samples taken in 1955 from Mutsu Bay (after Aomori Prefectural Fisheries Experimental Station⁴⁾)

of the larger two groups, mean of which is 45.32, lying between the mean counts of the spring and fall broods in the first year of life (Fig. 13).

From these findings as well as the scale reading, one may deduce the growth trend of

disappear from the bay.

Pacific waters off Honshu.

Of the Pacific waters, the localities extending between Ibaraki and Mie Prefectures comprise the most important fishing grounds for the anchovy with the catch amounting about one half of Japan's total in the current years. The postlarval and small sized fish are chiefly landed in West Area including Prefectures Shizuoka, Aichi and Mie, and the large sized fish, in East Area from Fukushima to Kanagawa Prefectures. North Area including Iwate and Miyagi Prefectures produces only small amounts of the species.

Plankton surveys conducted in the entire waters under discussion have revealed that a greater amount of the anchovy eggs were collected in the sea extending between south of Boso Peninsula and Sagami Bay. From that locality the coastal current proceeds to Enshu Nada, the most prolific fishing ground of the postlarval anchovy, producing more than 70 percent of the Japan's total of that kind³⁷⁾. These findings suggest that a majority of the anchovy population in the Pacific waters along Honshu occurs in the southern part of East Area, and drifts to West Area to stay there for the first several months of life, before migrating back to East and North Areas.

Here is something peculiar to note. The peak of spawning activities estimated on the basis of the plankton data is May³⁴⁾ which is also the main fishing season of a month old postlarvae³²⁻³³⁾. Probable explanation is either one or combination of these: the postlarvae are not provided from the area under discussion, instead, they are mainly from the southern waters off Kyushu where the most active spawning takes place likely in April; the mortality rate in the very young stage of life differs depending on season, leaving many fish alive for the broods spawned in early spring but few for the later broods; or route of the current fluctuates from season to season, bringing to the fishing waters many fries spawned in early spring but few in later seasons. So far available information is not sufficient to prove which one of the factors has been the most responsible for the discrepancy between the main seasons for the spawning and fishing.

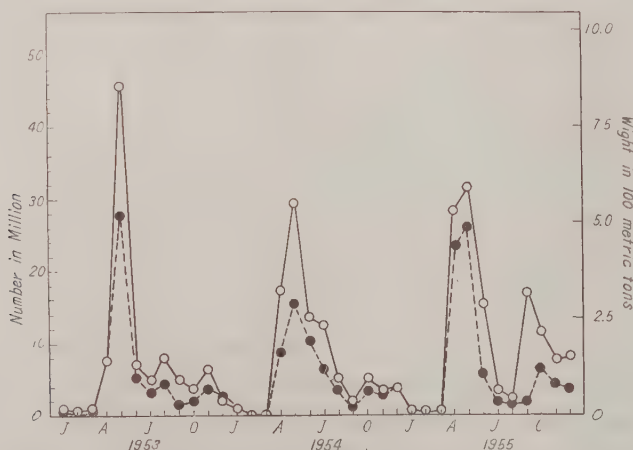


Fig. 14. Monthly catch of the postlarval anchovy in the West Area. Open and closed circles indicate the amounts in number and in weight, respectively.

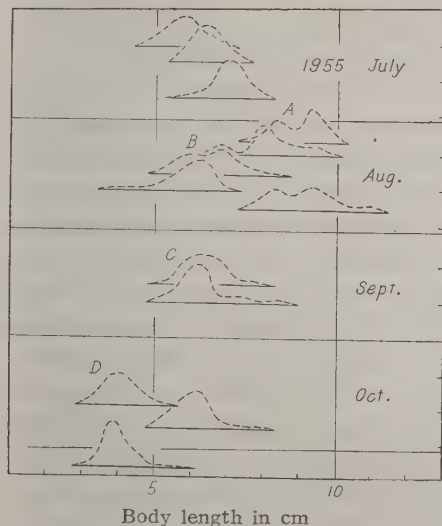
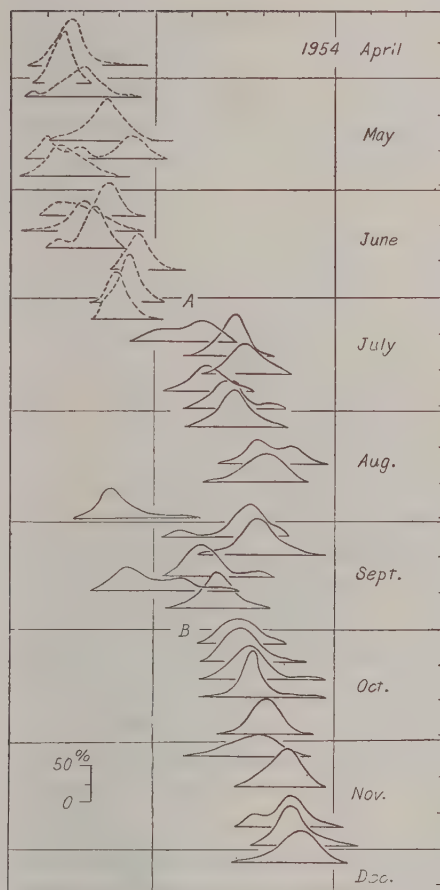


Fig. 15. Length frequencies of the anchovy samples collected at Nishiura in 1954 and 1955. — catch by boat seine
 catch by beach seine

Nevertheless, there are enough reasons to believe that the eggs and larvae would first appear in the southern part of East Area, to which the Kuroshio flows from the southern and eastern seas of Kyushu, and from which the coastal current does toward West Area. Therefore, the description will be made in the increasing order of size of group; small sized fish off Mie and Aichi Prefectures, medium ones off Shizuoka and Kanagawa Prefectures: the large ones off Chiba, Ibaraki and Fukushima Prefectures; and those off Iwate and Miyagi Prefectures.

Mie and Aichi Prefectures: Examining the length frequency and the coastal current, TANAKA³⁸⁾ deduced that the postlarvae exploited in early summer in Enshu Nada might enter Mikawa and Ise Bays in July when they grew up 5–6 cm. On the other hand, the fall broods which indicate neither obvious growth trend in the postlarval stages³⁸⁾ nor stable peak of the monthly catch (Fig. 14) might not be well exploited until the first spring of life.

Since the small sized fish captured by boat seines in Mikawa and Ise Bays occupy a greater part of the anchovy catches in Aichi and Mie Prefectures, stress of the investigation was laid on the landings at Nishiura and Tomita, bases of the fleet^{17) 39) 40)}.

Collected at Nishiura in July 1954, 0-age anchovy, group A, 5–6 cm, seemed to have derived from the postlarvae exploited in preceding May and June (Fig. 15). The group, after they grew up 8 cm in middle of August, were not caught in Mikawa Bay. In September, another 0-age fish, group B, appeared there, attaining about 9 cm in early December. The data from the 1955 materials were too scarce to trace the growth trends, although three spring broods, A, B and C, were collected in the summer and fall, and the fall brood, D, in the fall.

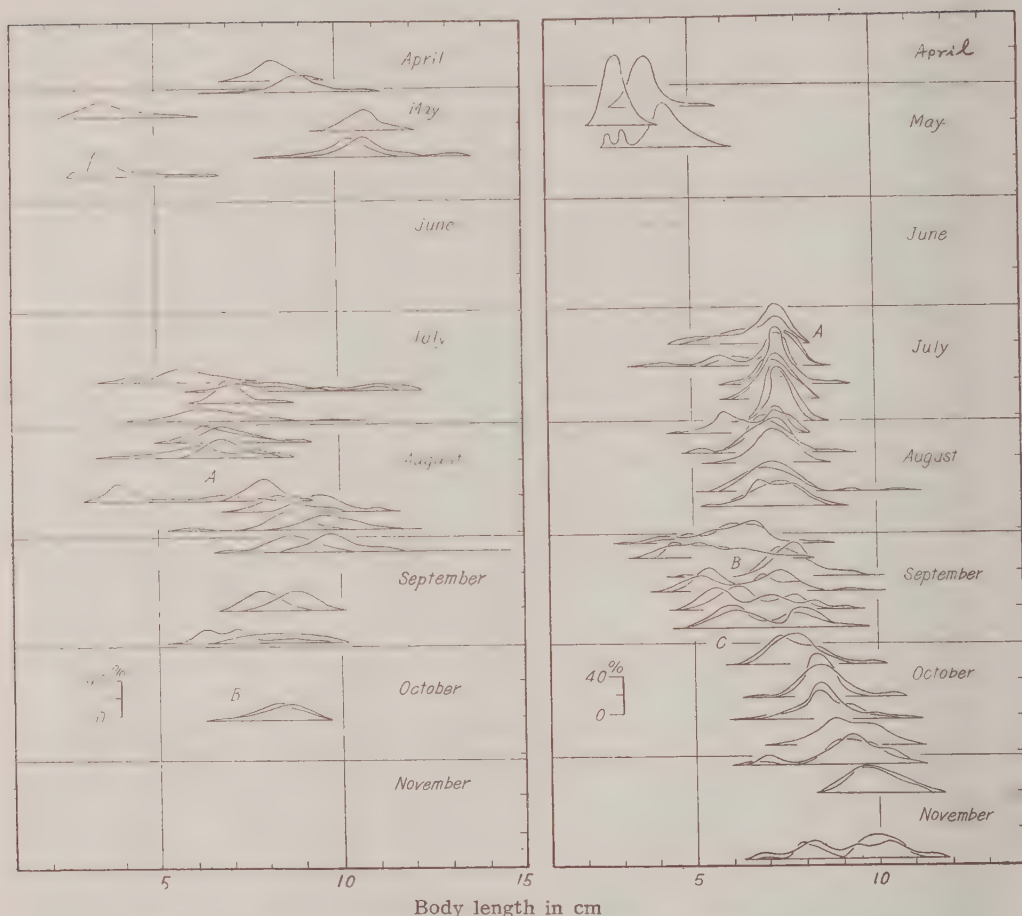


Fig. 16. Length frequencies of the anchovy samples collected at Tomita in 1954 (left) and in 1955 (right).

In the spring 1954, 0-age fish, around 3 cm, and I-age fish, ranging between 7 and 12 cm, were sampled at Tomita, though the amount of catch was not significant (Fig. 16). Scale readings of the materials in the subsequent months indicated the general boundary length between these two age groups to be 7.5 cm in July, 9 cm in August or 9.5 cm in September. Growth trend of group A was traced by the progression of the modal length from 6–6.5 cm to 8.5–9 cm during middle of July and early September. In September and October, group B was landed at this port, though the growth trend was not well determined. In spite of such wide range in the length frequencies, no evidence of segregation based on the vertebral counts could be detected among the groups in the first year of life. The young anchovy in the bay might occur in April or May of 1954, because the mean vertebral count, 45.35, was comparable with that of the postlarvae collected in May or June of the year at Akabane (HAYASHI and SUZUKI, p. 23)²². Among the samples in the summer 1955, three growth trends were plotted from inspection of the length frequency. The first group, A, collected in July and August seemed to comprise several broods slightly differing in the hatching time, because the modal length, 7–8 cm, did not smoothly increase for a month and

half. Modal lengths of the group *B* and *C* were 6 and 4.5 cm in early September, increasing to 10 and 8 cm in late November, respectively. Mean vertebral counts of the former two groups, both 45.29, were significantly higher than that of the latter, 45.09 (Table 6). The above data of the length frequency and vertebral counts, therefore, are suggestive that the large two groups occurred in the spring, and the small, in the summer.

Table 6. Analysis of variance of the mean vertebral counts of the 0-age anchovy landed at Tomita in 1955.

Source of variation	<i>d. f.</i>	Mean square
Brood	2	1.5612**
Errors	456	0.2677
Month	5	0.1455
Sample	15	0.1473
Individual	436	0.2732

For asterisks, see footnote of Table 5.

It should be noted that the mean vertebral counts of the spring broods in Ise Bay significantly differed from year to year, 45.42 in 1953, 45.35 in 1954 and 45.29 in 1955. In other words it is apparent as to 0-age anchovy under discussion that the wider the length range, the fewer the vertebral counts. In the light of the monthly mean counts of the postlarvae suddenly decreasing in May and June (HAYASHI and SUZUKI, p. 23)²²⁾, the annual fluctuation in the vertebral counts of spring broods is likely ascribed to differences in both ranges of the body length of the fish and of the fishing season of the postlarvae. Detailed explanation may go like this. When the spawning activities are concentrated in narrow duration of time, main fishing season of the postlarvae would be limited to May, and narrow range of the length and high mean of the vertebral counts would be observed with the small anchovy as in 1953. But in case the spawning season lasts longer, probably from March to May, the fishing season of the small anchovy would be large, and the mean vertebral counts of them, low as in 1955.

The above observation of the anchovy from Mikawa and Ise Bays may be summarized as follows. In July when the commercial fishing is permitted there, the spring broods of 0-age fish, the most prosperous in the landings, are first captured, growing from 5 to 8 cm during July and early September. The second group which also might be the spring brood but a little smaller than group *A*, enter the fishing grounds in the Bays during August to September and measure about 9 cm when they leave there at the beginning of December. A minor amount of the small sized fish comprising the summer and fall broods is obtained before they leave there in winter when the length ranges from 4 to 8 cm. This conclusion agrees with the previous inference on the growth trends deduced from inspection of the length frequency and vertebral counts of the 1953 materials¹⁷⁾.

Shizuoka and Kanagawa Prefectures: Off the prefectures, especially in the waters east of Suruga Bay inclusively, 0- and I-age fish between 8 and 11 cm are caught chiefly by the round hauls though the amount is not so appreciable as in any other locality of West and East Areas (Fig. 17). As previously reported¹⁷⁾, during April to

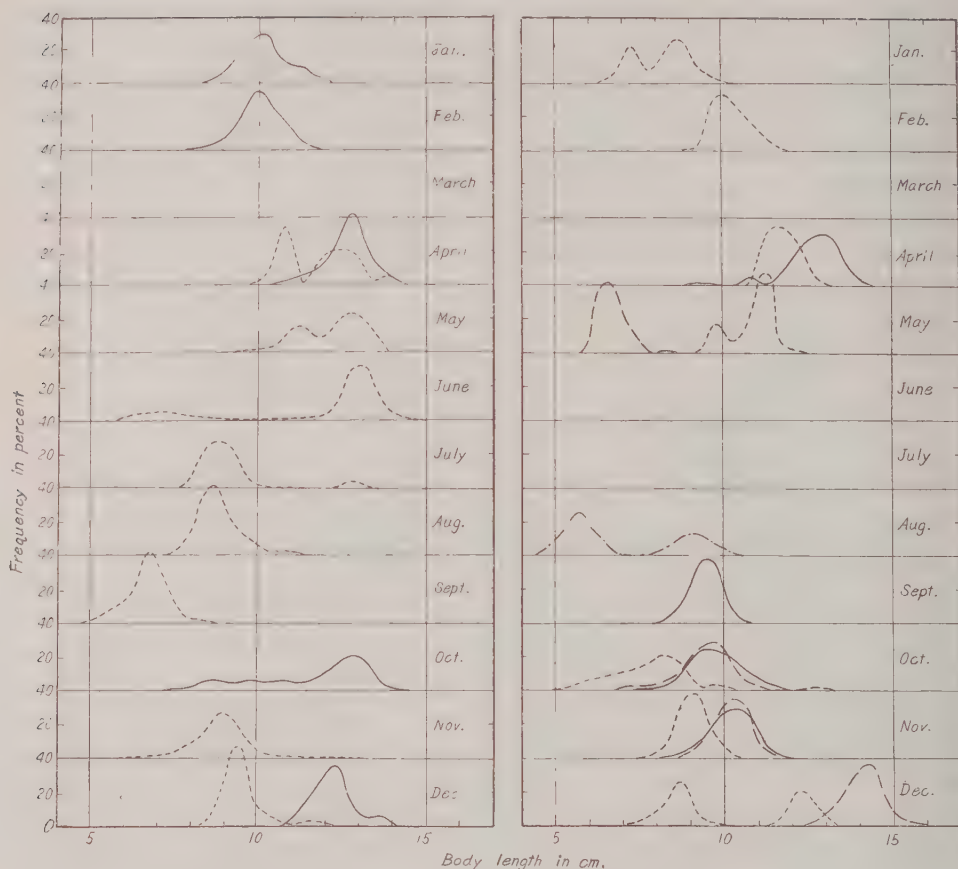


Fig. 17. Monthly length frequencies of the anchovy catch at the ports in Kanagawa and Shizuoka Prefectures in 1954 (left) and in 1955 (right).

..... at Sajima by round haul. — at Shimizu by round haul.
 --- at Uchiura by round haul. - - - at Shimizu by beach seiné.

August 1953 the broods about 1 cm larger than the oldest 0-age fish at Nishiura and Tomita were collected at Shimizu and Misaki (neighbourhood of Sajima). Although these medium fish were classified into 0-age group on the basis of the scale reading, the low mean vertebral counts, about 45.0, are suggestive that they might develop under high temperature condition. Possible explanation for this is alternative: the fish were born so late in the fall 1952 that their scales had not fully developed yet to form distinct mark in their first winter; or they occurred in the southern and warmer waters, probably off Kyushu, in early spring 1953, drifting to the sea under study along the Kuroshio, as the sardine larvae had done in their thriving period. Although the former assumption seems to be more probable than the latter because the local segregation of the vertebral counts is not remarkable among the Japanese anchovy and because the fishery in Enshu Nada had a prosperous catch of the postlarvae in the fall of 1952, no definite conclusion was given, and at present the brood has been regarded as 0-age.

During December 1953 and ensuing February, some amounts of the large sized

fish were landed at Shimizu. By scale reading they were segregated into two age groups, 1952- and 1953-year classes, the former ranging between 10.5 and 13.0 cm, and the latter, between 9.0 and 12.0 cm. When the mean vertebral counts were examined with two criteria including sample, usually 20 fish drawn from a boat on a day, and length class divided by one cm interval, the former was only significant source of variation (Table 7). This is attributed to that the samples consisting of I-age fish in February showed extremely high means around 45.4, and may indicate that the spring broods attained 9–11 cm in the first winter of life. In the subsequent months of 1954, only a few samples were collected at the ports. In 1955, stress of the survey was laid on the landings at Uchiura where the spring broods in the first year of life appeared between May and November, growing from 6 to 10.5 cm.

Table 7. Analysis of variance of the mean vertebral counts of the anchovy landed at Shimizu during December 1953 and February 1954.

Source of variation	<i>d. f.</i>	Mean square
Length	3	0.4492
Sample	6	0.7081***
Errors	118	0.2743
Interaction	9	0.3549
Individual	109	0.2677

For asterisks, see footnote of Table 5.

The samples collected at Sajima in 1954 included several groups, differing in body length, age, fishing season and ground; 0-, I- and II-age fish from Sagami Bay in April to September; and 0-age fish from Tokyo Bay in November and December. However, no segregation of broods was made available with examination of the vertebral counts. This may indicate that the growth rate of the fish in second and third years of life would be very small so as to permit the broods to intermingle each other. Out of I-age fish caught in January and February 1955, those larger than 8 cm, seemingly the spring brood, were found with the mean counts, 45.35. The year old fish in April, 11–12 cm, also showed the mean counts of 45.32, which was significantly higher than 45.15 of the same age but small fish, 9–10 cm, in May. The fish collected at the port in October had body length extending from 5 to 11 cm which was the most remarkable, though not significant, source of variation among mean vertebral counts (Table 8). For the 8–10 cm groups comprising the oldest brood of 0-

Table 8. Analysis of variance of mean vertebral counts of the anchovy landed at Sajima in October 1955.

Source of variation	<i>d. f.</i>	Mean square
Length	5	0.4695
Sample	4	0.1756
Errors	199	0.2948
Interaction	8	0.3478
Individual	191	0.2926

age fish, the mean counts by length interval were higher than the others, *i. e.* 5–6 cm, 44.98; 6–7 cm, 45.17; 7–8 cm, 45.31; 8–9 cm, 45.47; 9–10 cm, 45.63; 10–11 cm, 45.38.

In regard to the samples taken in Shizuoka and Kanagawa Prefectures during the

years 1953 through 1955, it has been established that the spring and fall broods would attain 9–10 cm and 7–8 cm in the late fall, and 11–12 cm and 9–10 cm in the subsequent spring, respectively. Besides, there appears, chiefly in the early summer, a brood resembling the fall broods in body length and mean vertebral counts but having no distinct mark on the scale. Though they were classified into 0-age through the scale reading, the most reliable means available at present, supplemental information is suggestive that the brood might occur in the late fall of the previous year.

Chiba, Ibaraki and Fukushima Prefectures: The offing of Kujukuri Hama and Kashima Nada have been the most productive of the large sized anchovy, 9–14 cm in body length, for round hauls with their activities concentrated in the colder season. In every season, the young fish, 0-age in December or I-age in the subsequent months (pp.31–35), appear before they are replaced by the olds, I-age in December, in either one of the winter months with a sudden increase in the amount of catch (Fig. 18). Since stress of the surveys was laid on the landings at Choshi, Chiba Prefecture, and Isohama, Ibaraki Prefecture, and since the 1953 data were already analysed¹⁷⁾, the description has been chiefly given of the samples collected in 1954 and 1955 at these two ports.

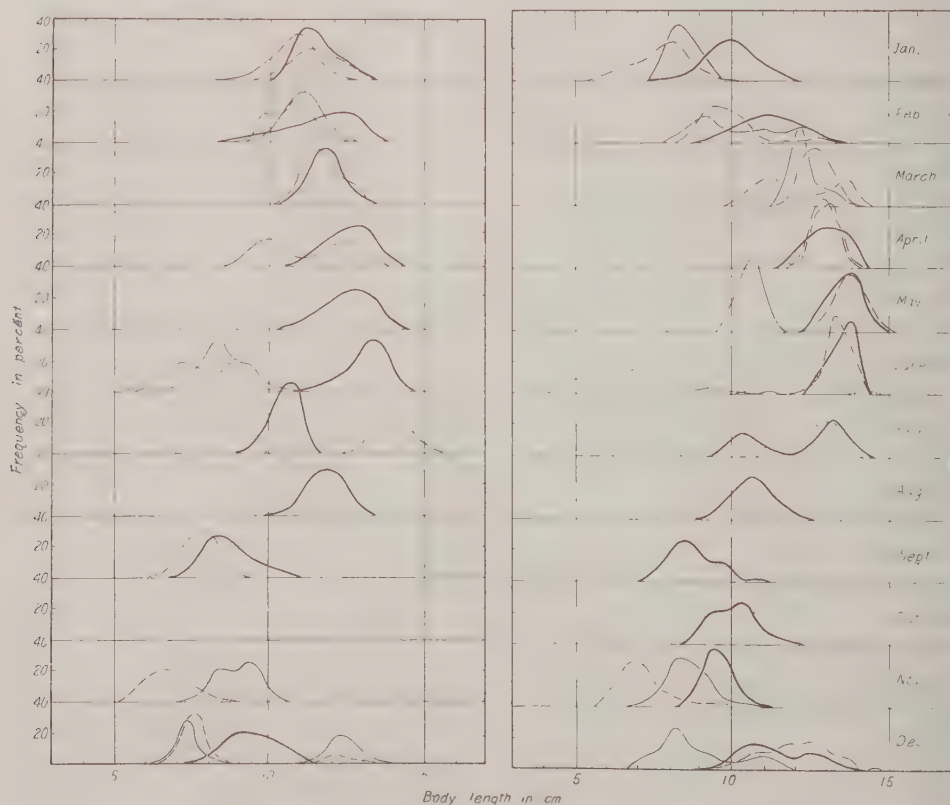


Fig. 18. Monthly length frequencies of the anchovy catch at the ports in Fukushima, Ibaraki and Chiba Prefectures in 1954 (left) and in 1955 (right).

----- at Onahama, at Katagai, — at Isohama,
 - - - - at Katsura, ——— at Choshi.

In connection with the scale reading, the length and vertebral count data from the landings at Choshi were analysed as follows. In the 1953—54 season, the young fish that appeared in November 1953, measuring 8—10 cm in body length, were successively caught till the ensuing January, with modal length around 10 cm. Collected at other ports in Chiba Prefecture, Katagai and Katsuura, during November and February were also the year-old fish, resembling the samples at Choshi in body length and vertebral counts. The February-samples at Choshi comprised II-age fish, 11—13.5 cm, in addition to the I-age group, 9—12 cm, though the length frequency curve failed to be segregated into these two groups. In March, the old fish, 11.5—13.5 cm, were collected at Katagai. During subsequent two months, samples at Choshi and Katagai were mostly II-age fish indicating apparent growth by 0.5 cm. In the samples collected at Choshi, length frequency curves were skewed toward right hand, slightly in the first two months, then very markedly. This may lead one to a thought that the fish in that sea grew from 10 to 15 cm during January and June. However, in view of the vertebral count examination that failed to reveal significant effect of the interaction between body length and month, the apparent shift of modal lengths was indication of change in the exploited populations rather than actual growth. This was supported by the fact that the length frequency curve obtained at Katagai in June was normal. Furthermore, among 215 fish collected in June at Choshi and Katsuura, which were sufficient in sample size for the analysis of vertebral counts, it became evident that the length groups of 10—11 cm and 12—13 cm, spring broods of I- and II-age fish, had means of the counts as high as 45.30, while the mean of 11—12 cm group comprising the fall brood of II-age fish was as low as 45.20.

In July I- and II-age fish, then in August I-age fish, were sampled at Choshi. During the subsequent three months, 0-age fish were successively collected mainly at this port, growing by about 1 cm. The old group in 1954—55 season first appeared at Choshi in December. But most of them, 10—11.5 cm, were smaller than the year old fish, over 12 cm in the previous years. The year old fish in January and March, also 11—12 cm, were smaller than those in February and April through June. Even though the vertebral data were insufficient, the fish collected during December through March

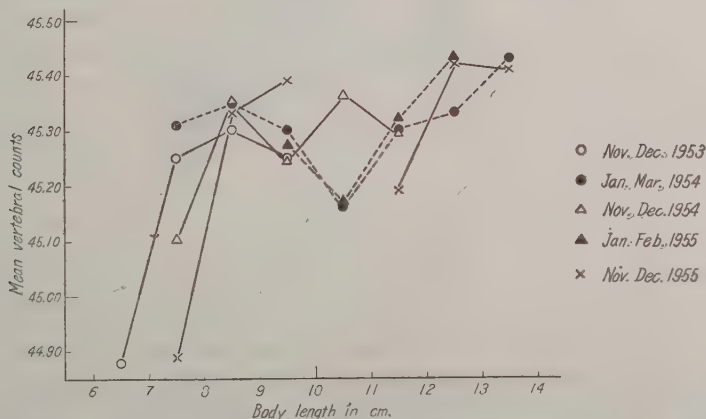


Fig. 19. Mean vertebral counts by length interval of the anchovy landed at Isohama in the winter seasons.

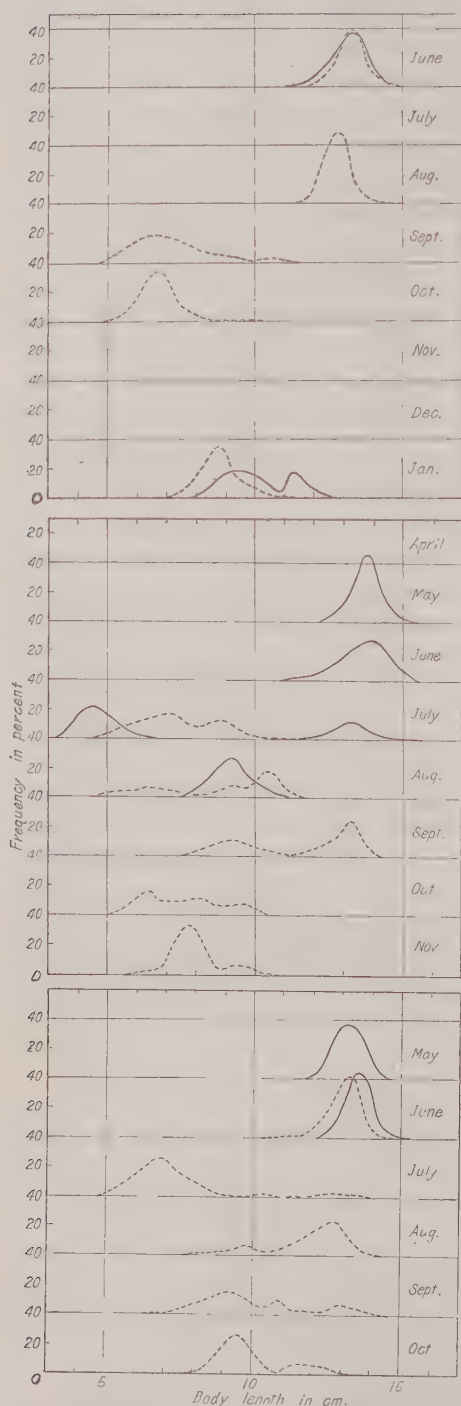


Fig. 20. Monthly length frequencies of the anchovy catch at the ports in Iwate and Miyagi Prefectures in 1953(upper), 1954 (center) and 1955 (low).
at Hirota. — at Watanoha.

had fewer counts than those in the subsequent three months. For these reasons, most of the fish landed at Choshi in the winter might be the fall broods and those in the spring months, the spring broods, as has already been pointed out through the examination of scale ring lengths (p. 45). After the summer 1955 when I-age fish occupied a greater part of the landings at the port, 0-age group was exploited, while growing up to 8.5–10 cm at the end of year.

At Isohama, almost all the samples were collected in the winter months as the season began with November. Among them a sudden change in size composition was observed between January and February in 1952–53 and 1953–54 seasons or between December and January in 1954–55 season. Positive correlations between body length and mean vertebral counts were suggested with each of the two age groups. And the intermediate length group, 10–11 cm, mostly fall brood of older age fish, was found with low means of the counts (Fig. 19). Like at Choshi, the fall broods of II-age fish dominated at Isohama in the early part of 1955. The minor amount of data at Onahama, Fukushima Prefecture, also provided the indication supporting above inference.

In brief, growth trend of the large sized anchovy in the seas under discussion is this. A greater part of the catch is the fish larger than 8 cm in body length to be seized by the round haul with most active season extending from the late fall to early spring. In September or October when the season sets in, 0-age fish appear. They attain 6–11 cm at the end of year. In either one of the colder months, one year older fish, 12–14 cm, replace the youngest group, greatly contributing to increase in the amount of catch. The old fish are successively seized in early six months of the year and grow up 13–15 cm when they disappear from the area in June or July. This conclusion mainly based on the scale reading

and length frequency analysis is supported by the finding from the vertebral count data. Namely, positive correlation between mean vertebral counts and body length is suggestive for each of two age groups, but not significant, probably because of decrease of the growth rate and intermingling of broods in the later period of life.

Iwate and Miyagi Prefectures: In North Area wherein the set nets have been the most important, the large sized fish, 13—15 cm in body length, are chiefly caught in May through July while 0- and I- age groups ranging from 5 to 10 cm, in the late summer and fall (Fig. 20).

The body length of II-age fish in 1953 and 1954 resembled that of the year old fish landed at Choshi and Isohama in those years. The mean vertebral counts of the fish from North Area, around 45.3, were almost the same with those of the fish collected at the southern ports during colder months of the year. Collected in the early summer 1955 in North Area, however, the year old fish were larger in body length than those at the southern ports. Mean of the vertebral counts, 45.34, was comparable with that of the fish larger than 12 cm in East Area during the previous months. These suggest that most of the oldest population may migrate northward in the spring months.

The small and medium sized fish captured in or after the summer may be derived from those spawned in Kashima Nada, Japan Sea and the southeastern waters off Hokkaido.

The following is summary of growth trends of the anchovy in the Pacific waters off Honshu. The spring brood first exploited, chiefly in Enshu Nada in May, attain around 9 cm by November when they leave Ise and Mikawa Bays. During the fall

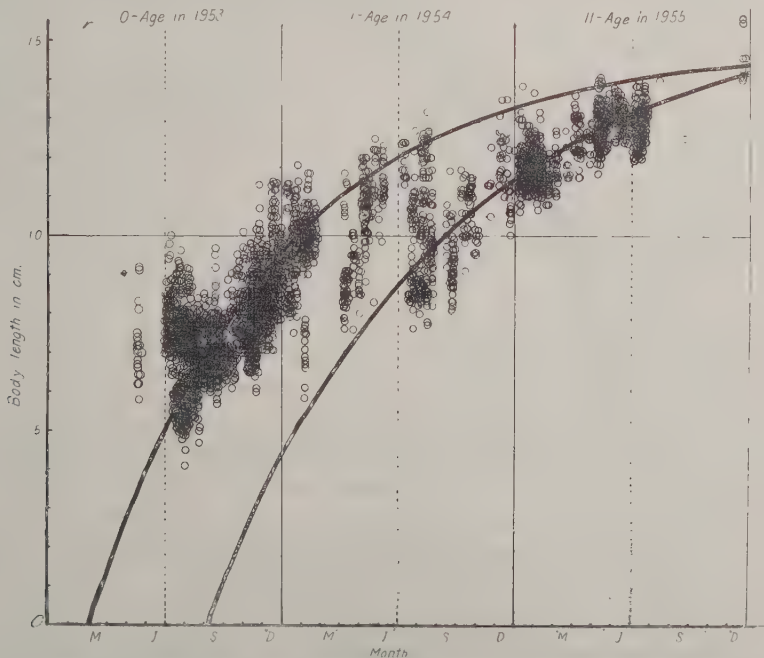


Fig. 21. Body length of individual fish estimated to be 1953-year class on the basis of scale reading.

months, round hauls in East Area also capture the year old fish attaining about 10 cm at the year end. The summer and fall broods seem to grow up around 9 cm by the ensuing summer. Usually, I-age fish are scarce among the landings until they will be II-age in the winter when measuring 11–14 cm. The oldest group grow up 12–15 cm in early summer when disappearing from the waters under discussion.

General growth trend.

As mentioned above, the fish were caught in the first through third year of life in both Mutsu Bay and Pacific waters with no local difference of growth rate to be detected. Therefore, all the length data of the 1953-year-class, which passed the entire life span in the regions during the period under investigation, were combined together in order to represent the growth rates (Fig. 21). Taking the modal lengths at the beginning of every January and July, the following equations have been calculated to approximate the lengths of the broods spawned in the spring and fall:

$$\text{Spring brood: } 14.82(1 - 0.9153 e^{-0.142t_a}) \text{ cm,}$$

$$\text{Fall brood: } 15.23(1 - 0.9442 e^{-0.0842t_b}) \text{ cm.}$$

where, t_a and t_b are numbers of months beginning with April and September of 1953, respectively. It should be kept in mind these curves are merely representing the modal lengths of the dominant broods, and have to be improved when sufficient data

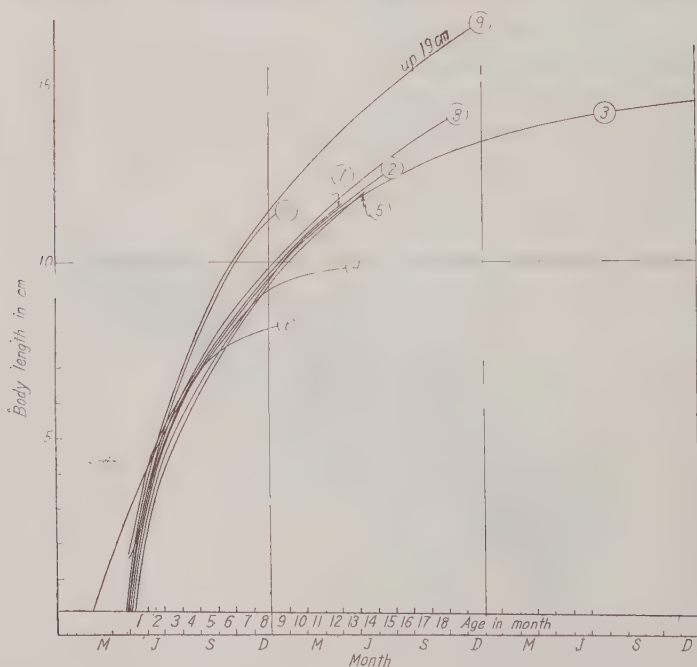


Fig. 22. Approximate growth curves for the spring broods of the anchovy, estimated by previous and present authors.

The numerals indicate the authors as follows:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. AIKAWA ²⁾ | 2. ASAMI and HANAOKA ⁵⁾ |
| 3. HAYASHI and KONDO (present authors) | 4. MAKITA ³⁰⁾ |
| 5. OTSUKA, YATSUYAGI and TOMIYAMA ³⁵⁾ | 6. TANAKA ³⁸⁾ |
| 7. YASUMURA, UTSUNOMIYA, OTSUKA and MAEKAWA ⁴³⁾ | 8. YOKOTA and FURUKAWA ⁴⁵⁾ |
| | 9. YOKOTA and ASAMI ⁴⁴⁾ |

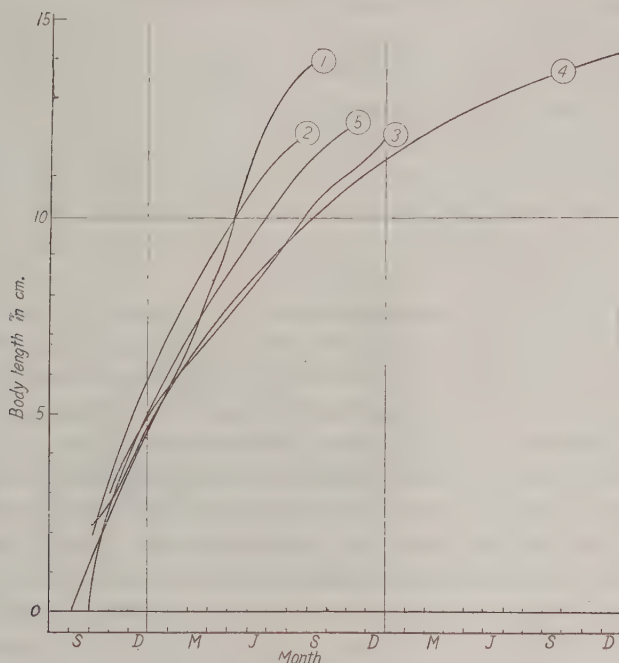


Fig. 23. Approximate growth curves for the fall broods of the anchovy, estimated by previous and present authors. The numerals indicate the authors as follows :

1. AIKAWA²³⁾
2. ASAMI and HANAOKA⁵⁾, 1952 year class
3. ASAMI and HANAOKA⁵⁾, 1951 year class
4. HAYASHI and KONDO (present authors)
5. OTSUKA, YASUMURA and TOMIYAMA³⁵⁾

would be obtained on the migration as well as the fishing conditions inclusive of seasonal change in availability.

Here discussion will be given to comparison of the growth trends between the present works and the previous ones to provide a general appraisal of validity of the scale reading. Among the previous works, mostly based on the analysis of the vertebral counts, some do not seem to be free from faults. The reasons are;

1. As pointed in the previous occasion¹⁷⁾, the vertebral count data, though be a clue to segregate the small fish into broods, are not applicable to the fish larger than 10 cm. ASAMI and HANAOKA (pp. 59 and 67)⁵⁾, studying the fish in the eastern waters off Kyushu, have given a support to the above assertion.
2. Following YOKOTA and FURUKAWA⁴⁵⁾, some workers (*e. g.* MAKITA³⁰⁾, OTSUKA and others³⁵⁾ YASUMURA and others⁴³⁾) estimated age of the fish from the mean vertebral counts and regression equation of the counts on temperature. The temperature, may it be the most effective factor to determine the counts, however, would change abruptly in one season but gradually in another, and does not preclude several shortcomings from the vertebral counts analysis in estimating the growth rate²²⁾. For instance, it has been noted in the study by YOKOTA and FURUKAWA⁴⁵⁾ that the observed average lengths at the ages of 9, 12 and 14 months were far smaller than those indicated by the growth curve in Fig. 1 of their paper (Fig. 22). The curve looks like to have been drawn referring only

to the lengths at the ages younger than 9 months and to the length "at 18 months". Since a particular water temperature except the highest and the lowest is to be observed twice a year, the age of the largest fish might be regarded as 24 or 30 months, on the average, instead of 18 months. The growth curve based on the assumption that the age of the largest fish was 24 months old, did not indicate any contradictory evidence. Another contradictory report by workers using the mean counts for estimating ages of the fish is that the count-length relationship was very distinct in spring and fall but not observed at all in the summer months even for the small fish.

Even though the vertebral count analysis is not highly reliable in determining age of the large sized anchovy, the present results have agreed with most of the previous estimates of growth rate in the first year of life, and even with that by YOKOTA and FURUKAWA⁴³⁾, when it was adjusted along the line mentioned above (Figs. 22 and 23). Only a few remarkable exceptions are those shown by AIKAWA^{1),2)} and YOKOTA and ASAMI⁴⁴⁾. But the former author paid little attention to the demerit peculiar to the count analysis while the latter did not indicate any evidence for their growth curves allegedly differing from the other ones. In addition, studying length frequency data of the young anchovy in Ise and Mikawa Bays as well as the postlarvae in Enshu Nada, TANAKA³⁸⁾ showed growth curves almost matching the present one. Thus it can be said that the present scale reading is justifiable in the view point of the analysis of vertebral counts and length frequency.

The comparison of the present estimates with the growth curves of other members of *Engraulis* from different parts of the world may also help one confirm the reliability of the scale reading. As already stated, the species in European, Australian and California waters were found to have life histories similar each other and with -

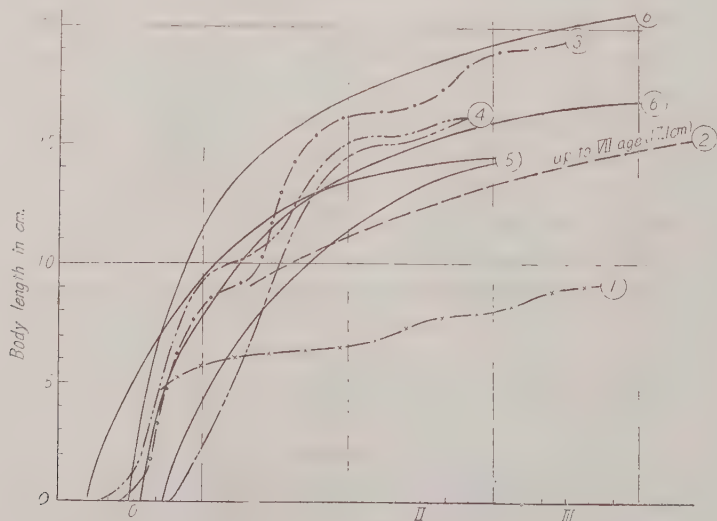


Fig. 24. Approximate growth curves for the anchovies in the different parts of the world. The numerals indicate the species as well as the authors as follow:

1. Australian anchovy by BLACKBURN⁷⁾
2. Northern anchovy by CLARK and PHILLIPS¹⁰⁾
3. European anchovy from Zuider Zee by FAGE⁴⁾
4. The same from the Mediterranean by FAGE¹⁴⁾
5. Japanese anchovy by present authors
6. European anchovy by REDEKE (from MEK³¹⁾)

the Japanese species. Adduction from MEEK (pp. 107—111)³¹⁾ and FAGE (p. 28)¹⁵⁾ may suggest that the European species grow up larger at a rate faster than the Japanese anchovy, especially in the second year of their life. On the other hand, the Pacific species from Australian and California waters (BLACKBURN⁷⁾, CLARK and PHILLIPS¹¹⁾, MILLER³²⁾) demonstrated rather remarkable growth in the first year of life but very little in the older ages. Like the sardines in both sides of the Pacific Ocean, the Japanese anchovy resemble the California species in the growth trend and the maximal size.

Synopsis

1. Age determination of the Japanese anchovy has been studied with the scales from 6,689 fish chiefly collected in Tokai and Tohoku Regions, Pacific waters off Honshu and Mutsu Bay, during 1953 through 1955.
2. Distinct rings were sorted into three types depending on the arrangement of anterior ridges on the covered part. The studies of scale characters were conducted on these rings, leaving out semicircles and other faint checks for the future investigation.
3. It is rather easy to count the distinct rings without serious fault. Two sets of readings by each of two workers agreed completely for more than 70 percent of 624 fish, while slightly less than 7 percent of the readings were doubtful.
4. Studying the lengths between the distinct rings and center or margin of the scale led the authors to the following:
 - a) Marginal increment increased from spring to early winter. Very small values of the increments were found with many fish seized during November to subsequent May.
 - b) The distances between the annuli and center of the scale remained constant throughout the year. It was surmised on the basis of the body length and vertebral counts that the annulus length of the 1-annulus-fish, which varied over wide range depending on individual, was far larger with the spring brood than with the fall brood.

These observations indicate that the rings defined above have been annuli which formed during the late fall through early spring.

5. Positive correlation was found between the body length and mean vertebral counts of 0-age fish. The mean counts decreased for the length group including the large sized 0-age fish and small sized 1-age fish together. Thus, growth trends estimated from the scale reading agreed with that from the vertebral counts.
6. The anchovy were found to grow 5—11 cm and 11—14 cm in body length at the end of the first and the second year of life, respectively. The fish left the fishing ground by the summer of the third year when they attained 12—15 cm.

References

- 1) *AIKAWA, H. : *Gyorui no sekitsuikotsusu no heni to sono igi* (Variation of the vertebral counts in the fishes, and its significance), NOGAKU, 2 (6), 26—32 (1948).
- 2) *AIKAWA, H. : *Katakuchiiwashi no shigenseibutsugakuteki kenkyu* (Fishery biology of the anchovy), Kyushu Univ. (1954).
- 3) *Aomori Prefectural Fisheries Experimental Station: *Engan shigen itaku chosa keika hokoku* (Preliminary report of cooperative surveys on the littoral fishes)—Iwashi, 1955 (1956).

- 4) *Aomori Prefectural Fisheries Experimental Station : Ditto., 1956 (1957).
- 5) ASAMI, T. and M. HANAOKA : On the variation of vertebral number of iwashi, with special reference to its possibility of being a clue for testing difference of races or of environmental conditions during their development, *Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rept.*, 5, 59—73 (1957).
- 6) BLACKBURN, M. : Age, rate of growth, and general life history of the Australian pilchard, (*Sardinops neopilchardus*) in New South Wales waters, *Comm. Sci. Indust. Res. Org. Aust., Bull.*, 242 (1949).
- 7) BLACKBURN, M. : A biological study of the anchovy, *Engraulis australis* (WHITE), in Australian waters, *Aust. Jour. Mar. Freshw. Res.*, 1 (1), 3—84 (1950).
- 8) BLACKBURN, M. : Studies on the age, growth, and life history of the pilchard, *Sardinops neopilchardus* (STEINDACHNER), in Southern and Western Australia, *ibid.*, 1 (2), 221—258 (1950).
- 9) BLACKBURN, M. : "Condition rings" on scales of the European pilchard, *Sardina pilchardus* (WALBAUM), *Cons. Perm. Int. l'Expl. Mer, Jour.*, 17 (2), 181—195 (1952).
- 10) CLARK, F.N. and J.B. PHILLIPS : The Northern anchovy (*Engraulis mordax mordax*) in the California fishery, *Calif. Fish and Game*, 38 (2), 189—208 (1952).
- 11) DOI, T. : Some considerations of the personal error and precision in observing biological property of fish in relation with the communication theory, *Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Bull.*, 15, 1—13 (1957).
- 12) EBINA, K. : On the growth of the teleost, *Pagrosomus major* (T. et S.), *Jap. Soc. Sci. Fish., Bull.*, 4 (6), 411—414 (1936).
- 13) EBINA, K. : On the stock of the teleost, *Pagrosomus major* (T. et S.), I. The specimens obtained inside and outside the Inland Sea of Japan compared, *ibid.*, 6 (4), 179—181 (1937).
- 14) FAGE, L. : Recherches sur la biologie de l'anchois (*Engraulis encrassicholus* (L.)). Race-âge-migration, *Ann. Inst. Ocean.*, 2 (4) (1911), (cited from FAGE, 1920¹⁵⁾).
- 15) FAGE, L. : Engraulidae, Clupeidae, *Danish Ocean. Exped. Rept.*, II (6), A 9 (1920).
- 16) *HAYASHI, S. : *Katakuchiiwashi no uroko ni yoru nenrei satei* (Age determination of the Japanese anchovy with the use of scales) Preliminary report, delivered at Annual Meeting of Jap. Soc. Sci. Fish. (1951).
- 17) HAYASHI, S. : Growth of the Japanese anchovy -II. Vertebral counts of mature and immature fish, *Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Bull.*, 9 (1955).
- 18) HAYASHI, S. : On the catch of 0-age sardine in Mutsu Bay, *ibid.*, 15, 15—20 (1957).
- 19) HAYASHI, S. : A note on scales of the pink salmon, *ibid.*, 16, 7—14 (1957).
- 20) *HAYASHI, S. and K. KONDO : *Katakuchiiwashi no seicho* (Growth of the Japanese anchovy)—Preliminary report, *Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* (1954).
- 21) HAYASHI, S. and K. KONDO : Growth of the Japanese anchovy -I. Seasonal fluctuation in condition coefficient, *Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Bull.*, 9 (1955).
- 22) HAYASHI, S. and H. SUZUKI : Ditto. -III. Vertebral counts of the postlarva, *ibid.*, 15, 21—28 (1957).
- 23) ISHIYAMA, R. : Studies on the larvae and youngs of the several clupeoid fishes, *Fish. Sci., Jour.*, 40 (2), 1—21 (1950).
- 24) INOUE, A. : Note on the habit of *Engraulis japonicus* TEMMINCK et SCHLEGEL collected from the coast of Sumoto City and its neighbourhood, *Jap. Soc. Sci. Fish., Bull.*, 15 (8), 385—390 (1949).
- 25) *KANAI, F. and T. YOKOTA : *Katakuchiiwashi no ring keisei ni tsuite* (On the ring formation of the anchovy), Iwashi Shigen Chosa Hokoku, Nankai Region, 1953, Ndnkdi Reg. Fish. Res. Lab. (1954).
- 26) KONDO, K. : Studies of the anchovy scales -I. Difference in the scale charaters from

- various body areas, with a consideration on ecological significance of the grooves, *Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Bull.*, **17**, 15—24 (1957).
- 27) KUBO, I., T. ISHIWATA and S. TSUKAHARA : On the vertebral counts of the Japanese anchovy in the Tokyo Bay and its adjacent waters, *Res. Inst. Nat. Res'ce., Misc. Rept.*, **36**, 9—18 (1954).
- 28) LEE, R.M. : A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales, *Britain, Min. Agr. Fish., Fish. Invest.*, **II**, 4 (2) (1920).
- 29) MAEKAWA, K. and T. YATSUYAGI : Studies on the populations of the useful aquatic animals in the Inland Sea of Yamaguchi Prefecture —I. Ecological studies on the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* TEMMINCK et SCHLEGEL, *Jap. Soc. Sci. Fish., Bull.*, **16** (12), 174—178 (1951).
- 30) *MAKITA, K. : *Osakawan juyogyoshu seitai. chosa* —I. *Katakuchiiwashi* (Ecological surveys on the important fishes in Osaka Bay —I. The anchovy), *Osakafu Suisau Shikenjo Hokoku* (1954).
- 31) MEEK, A. : The migrations of fish, Messrs. Edward Arnold & Co., London (1916).
- 32) MILLER, D.J. : Studies relating to the validity of the scale method for age determination of the Northern anchovy (*Engraulis mordax*), *Calif. Fish and Game, Fish Bull.*, **101**, 7—34 (1955).
- 33) NAKAI, Z. and S. HAYASHI : Growth of the Japanese sardine —I. A note on the growth rate, 1949 through 1951, *Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Bull.*, **9** (1955).
- 34) NAKAI, Z., S. USAMI, S. HATTORI, K. HONJO and S. HAYASHI : Progress report of the cooperative iwashi resources investigations, 1949—1951, *Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* (1955).
- 35) *OTSUKA, Y., T. YATSUYAGI and A. TOMIYAMA : *Yamaguchiken Setonaikai ni okeru juyo-seibutsu no seitai-gakuteki kenkyu* —IX. *Katakuchiiwashi, Engraulis japonicus* T. et S., *no seitai-gakuteki kenkyu* —II. (Ecological studies on the important marine animals in the Inland Sea off the Yamaguchi Prefecture —IX. Ecological study on the anchovy, *Engraulis japonicus* T. et S. —II), *Yamaguchi Pref. Naikai Fish. Exp. St., Jour.*, **7** (1), 17—32 (1955).
- 36) PAGET, G.E. : Report on the scales of some teleostean fish with special reference to their method of growth, *Britain, Min. Agr. Fish., Fish. Invest.*, **II**, 4 (3) (1920).
- 37) *Sardine Resource Division of the Marine Resources Section, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory : *Iwashi shigen chosa gaiyo* (Preliminary report of the iwashi resources survey), Tokai and Tohoku Regions, 1952 (1953).
- 38) TANAKA, S. : Body length distribution of the Japanese anchovy, *Engraulis japonica* (HOUTTUYN) in Ise Bay, Mikawa Bay and Enshu-nada. —I. Body length in 1951, *Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Bull.*, **13**, 35—50 (1956).
- 39) *Tokai Regional Fisheries Research Laboratory : *Iwashi shigen itaku chosa yoko* (Program of cooperative iwashi resources survey), Tokai and Tohoku Regions, Fisc. 1952—1955 (1952—1955).
- 40) *Tokai Regional Fisheries Research Laboratory : Data from the Iwashi resources survey, Tokai and Tohoku Regions, 1953—1955 (1955—1957).
- 41) WATANABE, K. : Some notes on the variation in the number of vertebrae of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, and the monthly growth in its juveniles, *Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab., Ann. Rept.*, **2**, 23—31 (1955).
- 42) WIKETT, W.P. and J.S.T. GIBSON : How to tell the age of fish, *Fish. Res. Bd. Canada, Pacific Coast Sts., Prog. Rept.*, **78**, 3—5 (1949).
- 43) *YASUMURA, T., T. UTSUNOMIYA, Y. OTSUKA and K. MAEKAWA : *Yamaguchiken Setonaikai ni okeru iwashi ami-gyogyo to katakuchiiwashi ni kansuru chosa kenkyu* (Investigations on the iwashi fisheries and the anchovy in the Inland Sea off the Yamaguchi Prefecture), *Yama-*

guchi Pref. Naikai Fish. Exp. St., Jour., 8 (2), 1—42 (1956).

44) *YOKOTA, T. and T. ASAMI: *Iwashi shigen kyodo kenkyu keika hokoku* (Progress report of cooperative iwashi resources investigations), 1953, Nankai Reg. Fish. Res. Lab. (1957).

45) YOKOTA, T. and I. FURUKAWA: Studies on the stocks of the clupeoid fishes in Hyuganada. —Ⅲ. Note on the variation of the number of vertebrae and monthly growth rate of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* TEMMINCK et SCHLEGEL, *Jap. Soc. Sci. Fish., Bull.*, 17 (8,9), 60—64 (1952).

^ In Japanese without English summary. For the publications with no English title, the Japanese title is given in italics and the translation thereof in parentheses.

カタクチイワシの成長—Ⅳ.

鱗による年令査定

林 繁・近藤 啓一

要 約

1) 1953～1955 年に、主として東海、東北海区で採集された 6,689 尾のカタクチイワシの鱗を観察し、それによる年令査定方法を研究した。

2) 明瞭な輪は、前部の隆起線の変化から 3 型に分類される。ここでは、これらの輪について研究を行い、その中で不明瞭な輪についての考察は今後の機会に譲った。

3) この明瞭に識別される輪の数を算定することは比較的容易で、624 尾分の鱗について、同一査定者が 2 回読みし、その差は、70% 以上の個体で全く一致した。一方検定により年令を査定し得なかった個体は、約 7% であった。

4) 先に定義した輪の中心および鱗縁からの距離を検討して次の結果を得た。

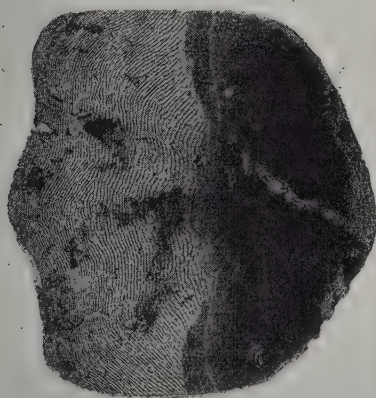
a) 最も輪と鱗縁との距離は、I, II 年魚とも春から秋にかけて単調に増大するが、11 月から翌年 4 月迄には極めて小さいものが出現する。

b) 一方輪と中心との距離の季節的变化は認められないから、輪の形成が長期に亘るとは考えられない。また I 年魚の第 1 年輪長は著るしい変異を示し、体長および脊椎骨数によつて判定した春季発生群のそれは、秋季発生群のそれより大きい。

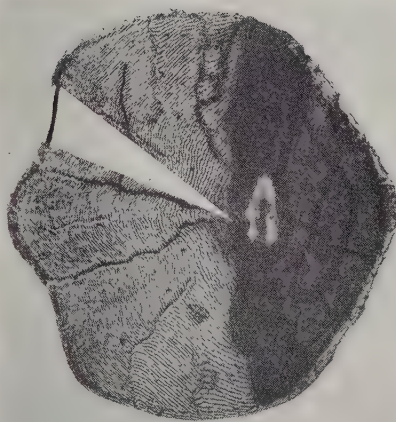
すなわち、I 年魚は、年 1 回晩秋から早春にかけて生ずる年輪で成ると考えられる。

5) 0 年魚と査定された個体では体長と平均脊椎骨数との間に正の相関が認められるが、大形の 0 年魚と小形の I 年魚に相当する体長群の平均骨数は低下する。すなわち、検定による年令査定結果と脊椎骨数によるそれとは一致する。

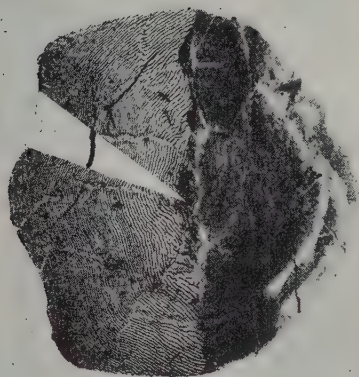
6) 主として輪数によつて査定した 0, I, II 年魚の体長から、本州太平洋岸におけるカタクチイワシは、発生年末に 5～11 cm, 第 2 年末に 11～14 cm, 第 3 年夏に 12～15 cm に達し、その後は、同地方の漁獲物に現われなくなると推論される。



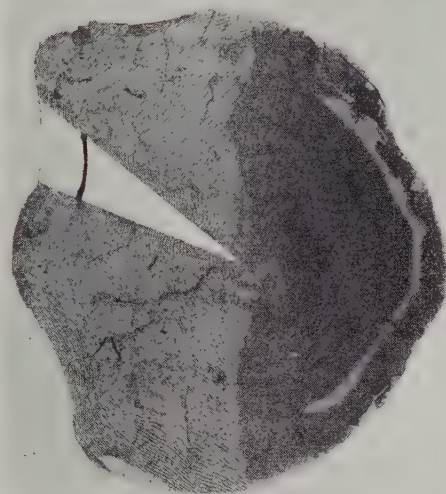
Scale from fish 9.6 cm taken in November. 0-age, no annulus.



Scale from fish 8.9 cm taken in November. 0-age, first annulus (b-type) presents.



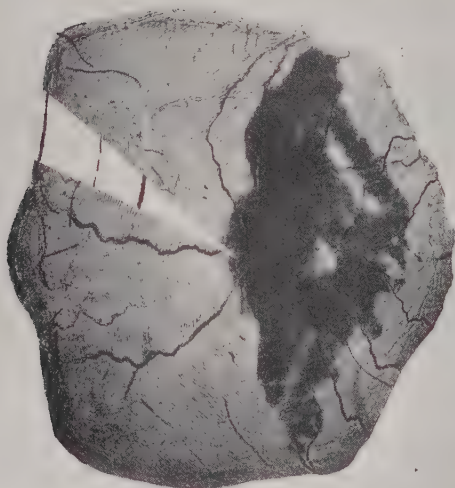
Scale from fish 8.7 cm taken in September. 1-age, first annulus (a-type) presents.



Scale from fish 11.2 cm taken in April. 1-age, first annulus (a-type) presents.



Scale from fish 12.5 cm taken in April.
II-age, first (*a*-type) and second (*ab*-type)
annuli present.



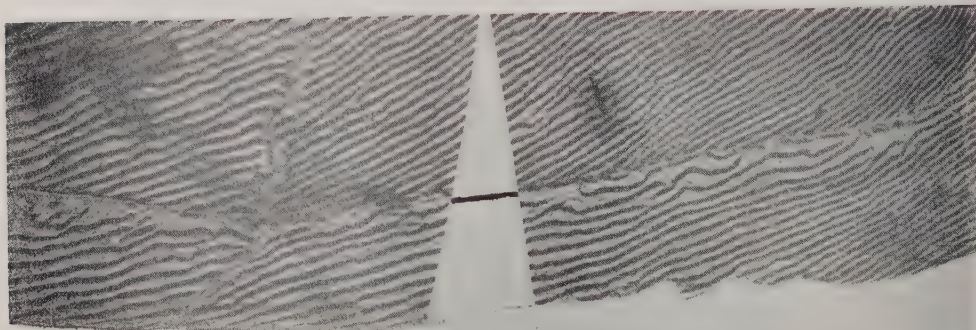
Scale from fish 12.8 cm taken in April.
II-age, first (*b*-type) and second (*al*-type)
annuli present.



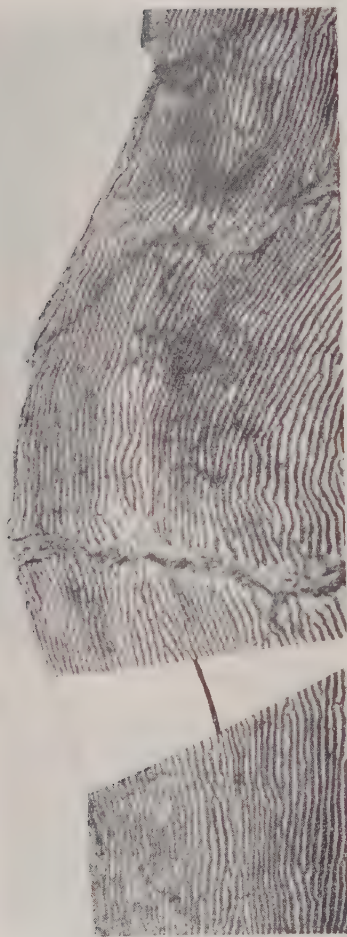
Rings of *b*-type (first annulus) and *ab*-type (second annulus).



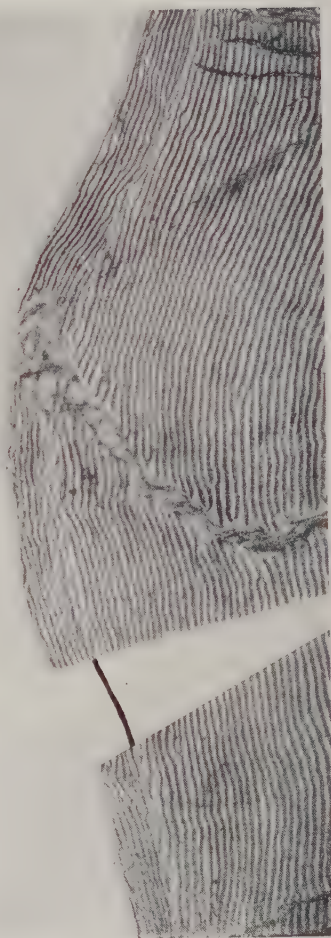
Anterior side of *a*-type ring.



Lateral side of *b*-type ring.



Anterior side of *a*-type ring



Anterior side of *b*-type ring.

太平洋沿岸定地水温の持続性について—II

平 野 敏 行

緒 言

襲に著者等¹⁾(1957)は太平洋沿岸6ヶ所(納沙布埼, 鮎埼, 塩屋埼, 潮岬, 屋久島)の永年に亘る月平均表面水温の持続性について検討を加え;

“一般に月平均水温の高($X_n=1$)・低($X_n=0$)(累年平均値との差)に変動を起した場合, 翌月にその月と同符号が起る条件附確率:

$$P'_{\pm\pm} = \frac{P[\{(X_{n-1}=0) \cap (X_n=1) \cap (X_{n+1}=1)\} \cup \{(X_{n-1}=1) \cap (X_n=0) \cap (X_{n+1}=0)\}]}{P[\{(X_{n-1}=0) \cap (X_n=1)\} \cup \{(X_{n-1}=1) \cap (X_n=0)\}]},$$

は0.5~0.6と推定され, 変動が起つて後同符号が2ヶ月以上続くと, その翌月に又同じ符号の起る条件附確率:

$$P''_{\pm\pm} = \frac{P[\{(X_{n-1}=1) \cap (X_n=1) \cap (X_{n+1}=1)\} \cup \{(X_{n-1}=0) \cap (X_n=0) \cap (X_{n+1}=0)\}]}{P[\{(X_{n-1}=1) \cap (X_n=1)\} \cup \{(X_{n-1}=0) \cap (X_n=0)\}]},$$

は約0.7~0.8で大きい”,

と推定される事を, これらによつて計算した n ヶ月後に同符号の起る条件附確率:

$$P[\{X=1\} \cap \{X_n=1\} \cup \{X=0\} \cap \{X_n=0\}],$$

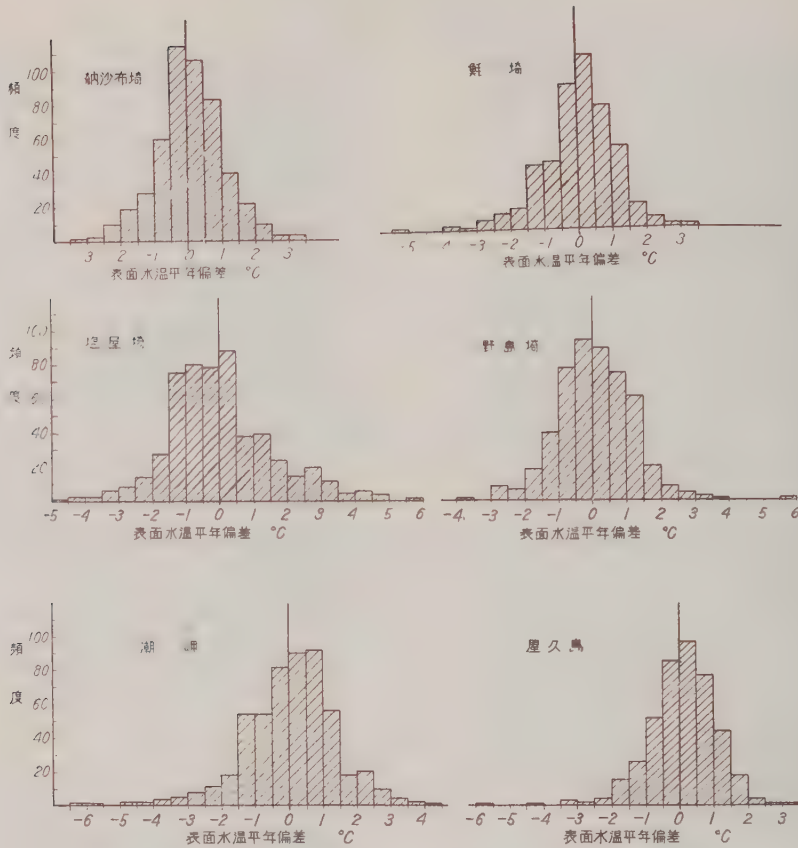
の推定値が, 実際に資料から数え上げた同符号の起つた割合に近似していると考えられるということから推論した。こゝに $X, X_1, \dots, X_n$ は1及び0を実現値として持つ確率変数で, 1を高温月, 0を低温月に対応させている。又 n は時間(月)に対応する添数である。

しかし上の推論は月平均値を高低二つの集合に分類して行つた極めて大まかなもので, 特に平年値を境として分けているために我々が普通“平年並”という言葉で解釈する平均値附近の値に対する吟味がなされていない。この様な分類の仕方に於ても, 定地水温に“持続性”が存在する²⁾とは, 十分確かめられているが, しかし例えば $P'_{\pm\pm}, P''_{\pm\pm}$ の二つの条件附確率を考えなければならないということは, 平年値附近の値に対する吟味がなされていない結果によるものではないかと考えられる。ここではこの附近の値に対して少しく検討を加え, 沿岸定置水温の持続性について再検討を加える。

“平年並”の値を考慮した持続性の検討

一般に水温が“平年より何度高い, 或は低い”, という場合, その基準となつている“平年”は普通累年平均値であり, 特定の1個の水温値を示している。故に我々が年々遭遇する水温値は常に平年より高いか, 或は低い値を示し, 平年値に等しい水温値を観測することはごく稀れである。しかし我々はこの様な水温値の分類の他に, 一方では“平年並”という甚だ曖昧な表現によつてしばしば平年値近傍のモダレートな水温値の総称とすることがある。これはある適当な水温値の集合を平年と考えているわけである。この思想には累年平均値を平年とする考えとは全く逆に, 平年とは常時一般に実現する水温値の総称で, “平年より高い, 或は低い”, ということは異常現象として比較的稀れに実現する現象であるという考えが含まれている。この様に所謂の“平年並”という言葉には相当幅の広い任意性が存在しており, 一概に一意的に定義することはむづかしい。

今各地点に於ける累年平均値からの差(平年偏差)の頻度分布をつくると第1図の如くなり, 各地点とも類似した頻度分布を示し, ほぼ正規型に近い様に見える。こゝに各地点の標準偏差は第1



第 1 図 各沿岸定地観測地点に於ける表面水温の年偏差の頻度分布

第 1 表 各沿岸定地観測地点に於ける各月別表面水温累年平均値，標準偏差，観測回数及びその総平均値，標準偏差，総観測回数

	納沙布埼			鰐埼			塩屋埼			野島埼			湖岬			屋久島		
月	累年平均値	標準偏差	回数	累年平均値	標準偏差	回数	累年平均値	標準偏差	回数	累年平均値	標準偏差	回数	累年平均値	標準偏差	回数	累年平均値	標準偏差	回数
1	-1.1	0.55	39	8.7	0.90	36	8.7	0.49	43	12.6	1.49	42	13.9	2.04	43	18.7	1.57	36
2	-1.5	0.55	36	6.6	1.63	35	7.5	0.61	43	11.9	1.39	42	13.7	1.87	45	18.3	1.03	36
3	-0.8	0.74	43	5.7	1.42	34	7.7	0.52	43	12.7	1.09	42	14.6	1.62	45	18.9	1.10	36
4	1.8	0.90	43	6.7	1.38	37	9.8	0.64	43	15.0	1.00	42	16.9	1.21	45	20.5	1.35	35
5	5.1	0.96	43	9.1	1.08	37	12.0	1.91	43	17.6	0.76	42	19.2	1.08	45	22.3	0.89	35
6	8.4	1.18	43	12.0	0.85	37	14.7	1.88	44	20.0	0.98	43	22.2	1.18	45	24.4	0.78	35
7	11.9	1.22	43	15.7	0.86	37	17.8	1.46	44	22.3	1.20	43	24.8	1.12	44	26.7	0.83	36
8	15.5	1.36	43	19.5	1.15	37	20.9	1.19	43	24.2	0.92	42	26.4	0.78	45	27.6	0.65	36
9	15.8	1.02	43	20.0	0.79	37	20.9	0.99	44	23.3	1.03	42	25.1	0.98	45	26.8	0.62	36
10	12.7	0.96	41	17.9	0.78	36	18.2	0.70	44	20.6	0.68	43	22.3	0.97	45	24.8	0.85	36
11	7.3	0.94	42	15.0	0.86	35	14.6	1.50	42	17.6	1.20	40	19.1	1.93	43	22.6	0.94	35
12	1.7	1.10	42	11.9	0.81	36	11.4	1.42	43	14.3	1.22	41	16.1	1.71	43	20.5	1.17	35
平均	6.4	0.99	501	12.4	1.07	434	13.7	1.54	519	17.7	1.10	504	19.5	1.37	533	22.7	1.02	427

表の如くなり、ほゞ類似した値をとっている。これら標準偏差と共に各地点の各月累年平均値と各月毎の標準偏差も同時に掲げた。これによつて見ると、各標準偏差は地点別或は月別に稍々異同はあるが、大体 1°C 内外と見られる。上に述べた様に平年値の領域（“平年並”）を如何に定めるかは甚だむづかしく、その領域を標準偏差の中に、或はその2倍、3倍にとることも考えられるが、こゝでは、1) “高温月” “低温月” は比較的普通に実現し、決して稀れな現象ではないこと、2) 漁業及び気象に及ぼす影響を考えると、月平均水温に於て累年平均値 $\bar{\theta}$ より $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以上差のある月は“高温月”或は“低温月”と見做すのが妥当な様に思われること、3) $[\bar{\theta}-0.5, \bar{\theta}+0.5)$ を“平年並”と定義すると、大体“高温月”、“平年並”“低温月”の出現した回数が同程度となること。（第1図、第2表）等を考へて、その巾を $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ （標準偏差の半分）としよう。

さて、この様にして分類した三つの特性：“高温月”、“平年並”、“低温月”について、その出現の仕方を検討することが必要であるが、こゝでは前著に於ける高温月、低温月に対する再検討という意味で、“平年並”に対して、更に次の様な考えを導入しよう。即ち、各定地観測点に上に於ける月平均水温は、元來持続性を有する高温月と低温月とに分類される海況特性を持つており、“平年並”として定義した $(\bar{\theta}-0.5, \bar{\theta}+0.5)^{\circ}\text{C}$ の範囲は、高、低温月の境界域で、本質的には高、低温月のどちらかに属する特性が、他の種々な要因、例えば、気象的要因等によつて、その特性が不明瞭化されている状態を示している範囲であると考え。この様に考えることは、上に述べた

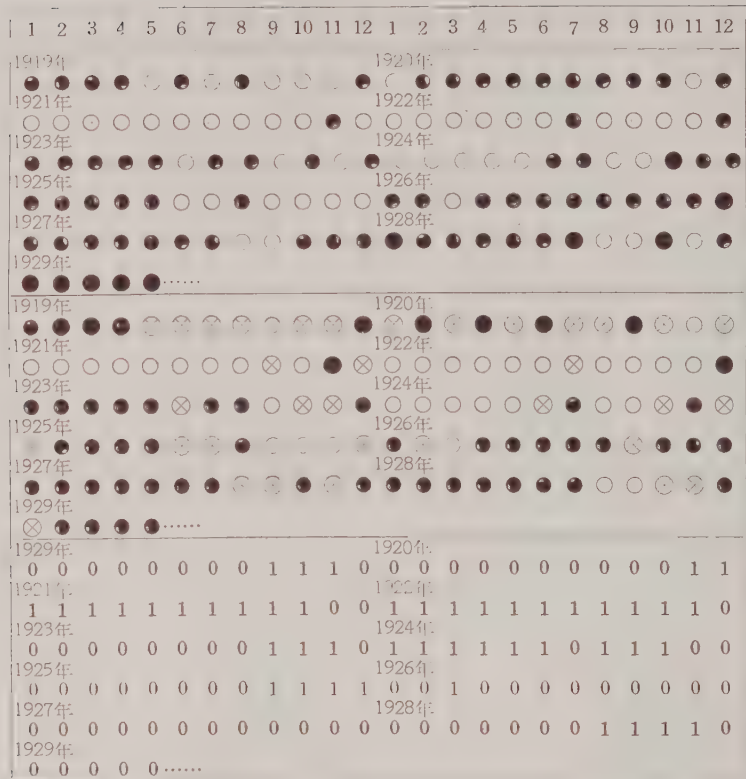
第2表 各沿岸定地観測地点に於ける“高温月”○，“平年並”⊗，“低温月”●の実現回数：資料総数 N ；高温月1の頻度 m ，低温月0の頻度 n ；ランの総数 u ；1のランの数 r ，0のランの数 s ；高及び低温の起る単なる確率 P_+ ， P_- の推定値；条件附確率 P_{++} ， P_{--} ， P_{+-} ， P_{-+} の推定値及び高温月，低温月の平均持続月数 l ， l' ；同符号の平均持続月数 L

	○	⊗	●	N	m	n	u	r	s
納沙布 埼	161	221	119	501	294	207	81	40	41
鯉 埼	144	185	105	434	247	185	68	34	34
塩 屋 埼	156	167	196	519	236	283	73	37	36
野 島 埼	171	182	149	502	262	240	112	56	56
潮 岬	202	171	160	533	308	225	67	34	33
屋 久 島	143	179	102	424	238	186	50	25	25
	$\hat{P}_+$	$\hat{P}_-$	$\hat{P}_{++}$	$\hat{P}_{--}$	$\hat{P}_{+-}$	$\hat{P}_{-+}$	l	l'	L
納沙布 埼	0.587	0.413	0.864	0.802	0.838	0.162	7.35	5.05	6.19
鯉 埼	0.572	0.428	0.862	0.816	0.843	0.157	7.26	5.44	6.35
塩 屋 埼	0.455	0.545	0.843	0.873	0.859	0.141	6.38	7.86	7.11
野 島 埼	0.522	0.478	0.786	0.767	0.777	0.223	4.68	4.29	4.48
潮 岬	0.578	0.422	0.890	0.853	0.874	0.126	9.06	6.82	7.96
屋 久 島	0.561	0.439	0.895	0.866	0.884	0.116	9.52	7.44	8.65

“平年並”の考え方と決して矛盾していない。故に我々は、次の様な仮定のもとに、定地水温の持続性に再検討を加えよう。

今水温値の実現範囲を $(-\infty, \bar{\theta}-0.5)$ ， $[\bar{\theta}-0.5, \bar{\theta}+0.5)$ ， $[\bar{\theta}+0.5, +\infty)$ の三つの集合に分け、夫々の区間に実現したものを夫々●，⊗，○とし、これを実現順に排列した。各地点の○，⊗，●の頻度は第2表に示す。こゝで⊗はその前月が○或は●のいずれにせよ、前月の特性が失われず持続しているが、見かけ上“平年並”の値⊗を実現していると仮定し、⊗にその前月の○或は●と同じ特性を与え、⊗の全てを高温月か低温月かに書き改め、こゝで前著に於けると同様に、あらためて高温月には1を、低温月には0を対応させて排列しなおした。第2図にその一例を示すが、この様な表現は、上の仮定に基づいて、持続性以外の要因による資料の不規則性を除こうとしたものである。

上の資料から、資料の総数 N ，1の頻度 m ，0の頻度 n ，ランの総数 u ，1のランの数 r ，0の



第2図 塩屋崎に於ける高低温月排列の例

上段：累年平均値に対する高，低によつて類別したもの（前著に於ける類別）

中段： $(\infty, \bar{\theta} - 0.5)$, $[\bar{\theta} - 0.5, \bar{\theta} + 0.5)$, $[\bar{\theta} + 0.5, +\infty)$ の 3つの集合に分けて類別したもの

下段：中段に於ける類別から更に新しく，高温月 1，低温月 0に書き改めたもの

ランの数 s を夫々表示する（第2表）。表より明らかな様に前著に比べて，ランの数が極めて少く，資料の排列に関して，その規則性の有無を検定するまでもなく，仮定より当然とは云え，資料の排列は極めて強い持続性を示すと考えられる。

前著と同様，この資料を用いて，1か0を実現値として持つ $n+1$ 次元確率変数 $Z=(X_0, X_1, X_2, \dots, X_n)$ を考え，任意のある月が高或は低温となる確率及び条件附確率の推定値を夫々次の様にすると，第2表の如く表わすことが出来る：

$$\left. \begin{aligned} P(n, 1) &= P_+ \approx \frac{m}{N}, & P(n, 0) &= P_- \approx \frac{n}{N}; \\ P(n, 1 | n-1, 1) &= P_{++} \approx \frac{m-r}{m}, & P(n, 0 | n-1, 1) &= P_{+-} \approx \frac{r}{m}; \\ P(n, 0 | n-1, 0) &= P_{--} \approx \frac{n-s}{n}, & P(n, 1 | n-1, 0) &= P_{-+} \approx \frac{s}{n}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

こゝに $(X_n=1)$ を簡略して $(n, 1)$ と書いている。

(1) の値を用いて前著に於けると同様に，例えばある高温月の n ケ月後に高温となる条件附確率は，

$$P(n, 1 | 0, 1) = P(n-1, 1 | 0, 1)P_{++} + P(n-1, 0 | 0, 1)P_{-+},$$

更に簡単化して、

$$= 1 - P_{+-} \cdot \frac{1 - (P_{++} - P_{-+})^n}{1 - (P_{++} - P_{-+})},$$

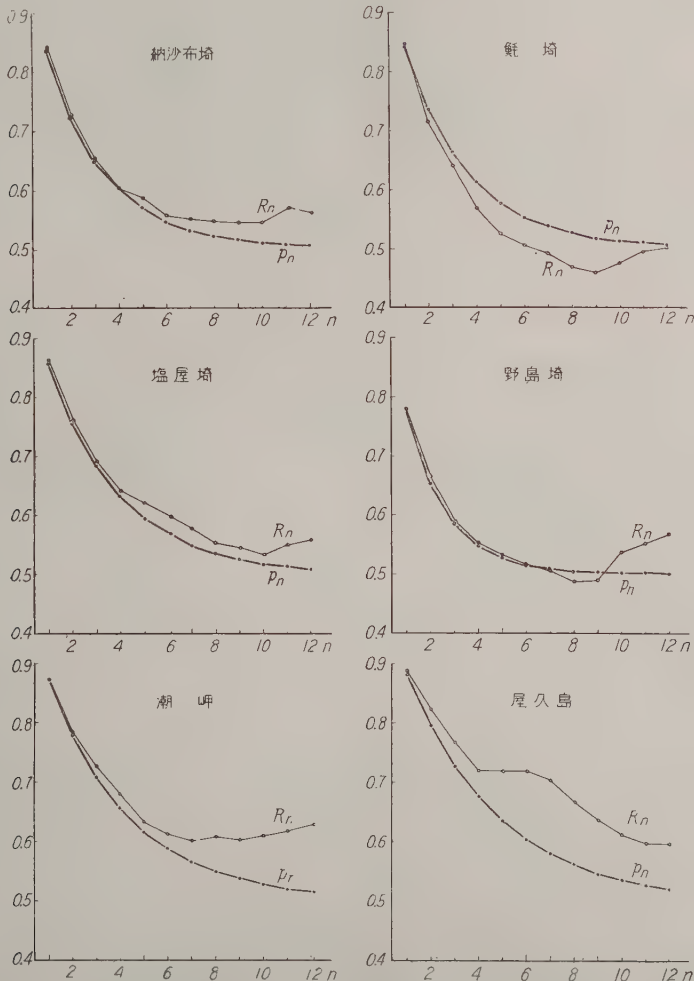
により求める事が出来る。

前著と同様に、こゝでも更に取扱いを単純化して、 n ヶ月後に同符号の現われる条件附確率は次の様に表わすことが出来る。

$$\begin{aligned} & P[\{(0, 1) \cap (n, 1)\} \cup \{(0, 0) \cap (n, 0)\}] \\ &= P[\{(0, 1) \cap (n-1, 1)\} \cup \{(0, 0) \cap (n-1, 0)\}] \cdot P_{\pm\pm} + P[\{(0, 1) \cap (n-1, 0)\} \cup \{(0, 0) \cap (n-1, 1)\}] P_{\pm\mp} \\ &= 1 - P_{\pm\mp} \cdot \frac{1 - (P_{\pm\pm} - P_{\pm\mp})^n}{1 - (P_{\pm\pm} - P_{\pm\mp})} = \frac{1}{2} \{1 + (P_{\pm\pm} - P_{\pm\mp})^n\} \Rightarrow p_n \end{aligned} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ここに、} P[\{(n-1, 1) \cap (n, 1)\} \cup \{(n-1, 0) \cap (n, 0)\}] \cdot P_{\pm\pm} &\approx \frac{N-u}{N}, & (\text{第2表}) \\ P[\{(n-1, 1) \cap (n, 0)\} \cup \{(n-1, 0) \cap (n, 1)\}] &= P_{\pm\mp} \approx \frac{u}{N} & (\text{第2表}) \end{aligned} \right\} (4)$$

(3) によつて、各観測地点毎に p_n を計算し、実際にデーターから数え上げる事によつて求め



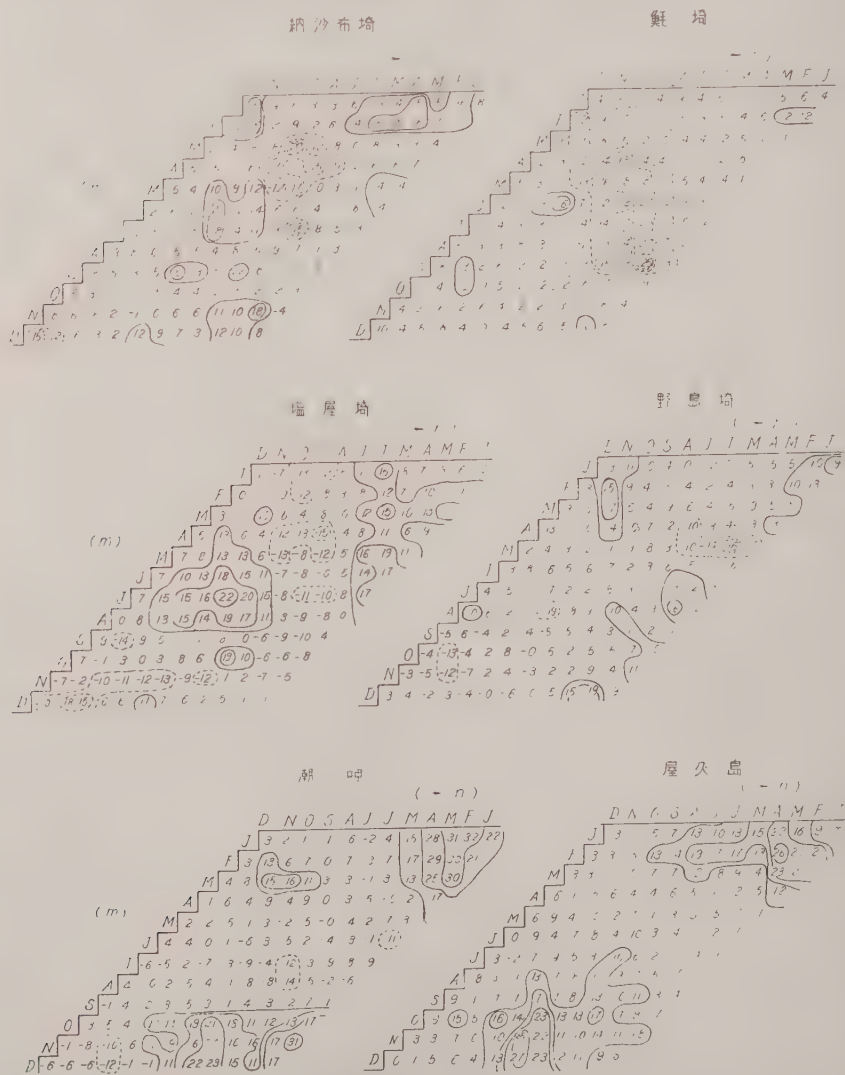
第3図 各沿岸定地観測地点に於ける、 n ヶ月後に同符号の現われる条件附確率 p_n の推定値及び資料から数え上げて求めた同符号の起つた割合 R_n の図

た同符号の起つた割合 R_n と共に図示すると、第3図の如くなり、屋久島、潮岬の一部を除き、非常によく一致しており、前著に得た結果の様な複雑な持続性を考えるよりは、上の如く、単に沿岸定地水温には、(1)及び(4)の如き条件附確率で規制される持続性が存在すると推定する方が勝れていると考えられる。

次に第2表に示す様に、(1)及び(4)から得られる条件附確率は前著に於ける推定値より遙かに大きく(0.8~0.9)、第2表の最後に示す平均持続月数も遙かに大きい(5~9)。しかし条件附確率、平均持続月数共に、地理的に南に位置する地点程大きい傾向は前著の場合と変らない。尚屋久島及びその他の地点に於て、 n が大きくなるに従つて p_n , R_n に不一致が見られ、特に p_n に週期性の存在が示唆される。これについては更に検討を要する。

水温の予想について

上に得た条件附確率 p_n は持続性を持つ定地月平均水温の一つの特性と考えられるので、これを用いて、 n ヶ月後の水温の高低に関する予想について考えてみよう。



第4図 各沿岸定地観測点に於ける各月別 $\Delta p_{m,n} = (R_{m,n} - p_n) \times 10^2$ 一覽図

先づ各月別にある月とその n ヶ月前とが同符号であつた割合 $R_{m,n}$ を各 6 ケ所の定地観測点について、データーから数え上げる。こゝに m は予想しようとする月に関する添数である。次に各月別に $\Delta p_{m,n} = (R_{m,n} - p_n) \times 10^2$ を作り、第 4 図に各地点毎に示す。横軸は n に相当する既知の月を示し、縦軸は m に相当して、予想しようとする月を示す。各罫目の中の数字は、 m によつてきめられる予想しようとする月の n ヶ月前の月に対する $|\Delta p_{m,n}|$ を表わす。

もし、各月が n ヶ月前の月と、上に得た持続性以外に何ら特別に相互関係を持たないならば、 $|\Delta p_{m,n}|$ は全般的に非常に小さくなるであらう。 $R_{m,n}$ を求めた資料の数は各地点とも 40 ケ内外(約 40 年内外の観測資料)であるから、夫々が確率 p_n を持つならば、 $R_{m,n}$ は二項分布をし、5% の危険率で約 $(p_n \pm 0.15)$ 以内にあると考えられる。しかし第 4 図を見てわかる様に、 $|\Delta p_{m,n}|$ が 15

観測地点	1956年												1957年	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2		
納沙布埼	● 0	⊗ 0	○ 1	○ 1	⊗ 0	● 0	● 0	○ 1	○ 1	○ 1	● 0	⊗ 0	(7月, 0)	
鮎埼	○ 1	○ 1	○ 1	⊗ 1	● 0	● 0	● 0	⊗ 0	○ 1	○ 0	○ 1	○ 1	(7月, 1)	
塩屋埼	⊗ 1	⊗ 1	○ 1	○ 1	○ 1	○ 1	○ 1	⊗ 1	⊗ 1	○ 1	○ 1	○ 1	(7月, 1)	
野島埼	● 0	○ 1	⊗ 1	○ 1	○ 1	● 0	● 0	○ 1	○ 1	○ 1	○ 1	○ 1		
潮岬	⊗ 1	○ 1	○ 1	⊗ 1	○ 1	⊗ 1	⊗ 1	○ 1	⊗ 1	● 0	○ 1	○ 1		
屋久島	⊗ 1	○ 1	⊗ 1	○ 1	○ 1	⊗ 1	⊗ 1	⊗ 1	○ 1	⊗ 1	○ 1	⊗ 1		

第 5 図 各沿岸定地観測地点に於ける 1956 年 3 月～1957 年 2 月の高、低温実現図；() 内は太字に於ける実現値をもととした 1957 年 7 月の高、低予想実現値

を越える値は各地点に於て幾つか出現し、その現われ方にはある程度系統的なものがある様に思われる。即ち、全般的に見て、 $\Delta p_{m,n} > 0$ の部分と、 $\Delta p_{m,n} < 0$ の部分とが幾つかのブロックとなつており、 $\Delta p_{m,n} > 0$ の部分は主として、 n に対応する月の 2 月～4 月(冬～春)の部分に現われ、 $\Delta p_{m,n} < 0$ の部分は、 n に対応する月で 10 月を中心にした秋季に出現しており、 $|\Delta p_{m,n}|$ の大きな値は夫々各ブロックの中心附近に現われている。又 $\Delta p_{m,n} > 0$ の部分は南の黒潮暖流の影響を受ける地点に於て大きな値を示し、 $\Delta p_{m,n} < 0$ の部分は、北の親潮寒流系の影響を受ける地点に於て大きな値を示している。この様に系統的に $\Delta p_{m,n} \geq 0$ が存在し、その中心部の極値が $|\Delta p_{m,n}| > 15$ を示す月は、持続性以外に何らか別の特性が存在して相互に関係し合つていと推定される。この特性が何であるか、即断する事は出来ないが、この様に持続性以外に特に強い関係を示す月は、逆に、この関係を利用する事によつて、予想を行う好材料を提供している月であると考えられる。

例えば 7 月を中心とした夏季の水温予想を行う場合、今、昨年(昭和 31 年) 3 月から本年(昭和 32 年 2 月)までの各地点に於ける高、低温の模様を表示すると第 5 図の如くなり、これと第 4 図とを比較することにより、納沙布埼に対しては、2 月及び 10 月の水温から 7 月は低温、又鮎埼は 10 月の水温、塩屋埼は 2 月の水温から夫々 7 月は高温と予想される。野島埼以南に関しては、持続性以外に特に相関を示す特性は、7 月を予想する場合、見られないが、潮岬、屋久島に関しては他の地点より持続性が強く、且 2 月まで高温を示している事から、7 月の水温を低温と推定する根拠は少い。尚野島埼は、持続性そのものも他地点に比べ小さく、又全般的に他の特殊要因も各月を通じて顕著でなく、予想に関しては、特性のない観測地点である。

尚、宇田²⁾は同じ定地水温観測資料を用いて、水温偏差の継続期間、及びその転換期に関する統計結果から、その年の「歳色」を見る目安として、前年秋の 9 月から初冬にかけての水温に注目する

ことを強調し、上の結果と対比して甚だ興味がある。

本研究を行うに当り、種々御配慮を給つた当研究所海況科長渡辺信雄氏、及び、主として計算、図表作製に従事していただいた房洲チエ子氏に深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 平野敏行、房洲チエ子；太平洋沿岸地水温の持続性について——1，東海区水産研究所研究報告，16 (1957)。
- 2) 宇田道隆；沿岸水温の「歳色」に就いて，海と空，30 (2,3)，(1952)。

On Durability of the Surface Temperature at Hydrographic Stations of the Pacific Coast—II.

Toshiyuki HIRANO

Synopsis

In our previous paper, anomalies of the monthly mean temperature from the normal one were given symbols either "higher" or "lower". As a result two conditional probabilities were suggested in regard to the durability of temperature.

However, such a complexity as this where one has to consider the two conditional probabilities is supposed to have resulted from the analytical method in which the anomalies from the normal temperature θ were simply separated into two sets of intervals: $(-\infty, 0)$ and $(0, +\infty)$, while paying little attention to the anomalies appearing in the neighborhood of zero.

In the present attempt to adjust the irregularity of the data, three sets of the mean temperature are introduced, each corresponding to intervals either $(-\infty, \bar{\theta}-0.5)$, $[\bar{\theta}-0.5, \bar{\theta}+0.5)$ or $[\bar{\theta}+0.5, +\infty)$. Black mark ●, crossed circle ⊗, and open circle ○, each denoting value obtained for one of the three sets, were arranged in time series. Assuming that ⊗ has the same character with the mark in the last month, ●, "lower" or ○="higher" whichever it may be, let every ⊗ be changed to either ● or ○ accordingly, then the former be represented by numeral "0" and the latter by "1" (for instance, Fig. 2). The durability of the monthly mean temperature at the coastal stations has been analyzed on the basis of this rearrangement of data. Consequently, it has been confirmed that the durability is simply defined by the conditional probability:

$$P[\{(X_{n-1}=1) \cap (X_n=1)\} \cup \{(X_{n-1}=0) \cap (X_n=0)\}] = P_{\pm\pm}$$

where X_n is a random variable realizing either 1 or 0, and n is a suffix relating to number of month. Values of $P_{\pm\pm}$ at six coastal stations are very large as shown in Table 2.

In addition, on the basis of this analysis a suggestion has been made to find a method for forecasting change in the sea temperature by making use of the previous trends of temperature.

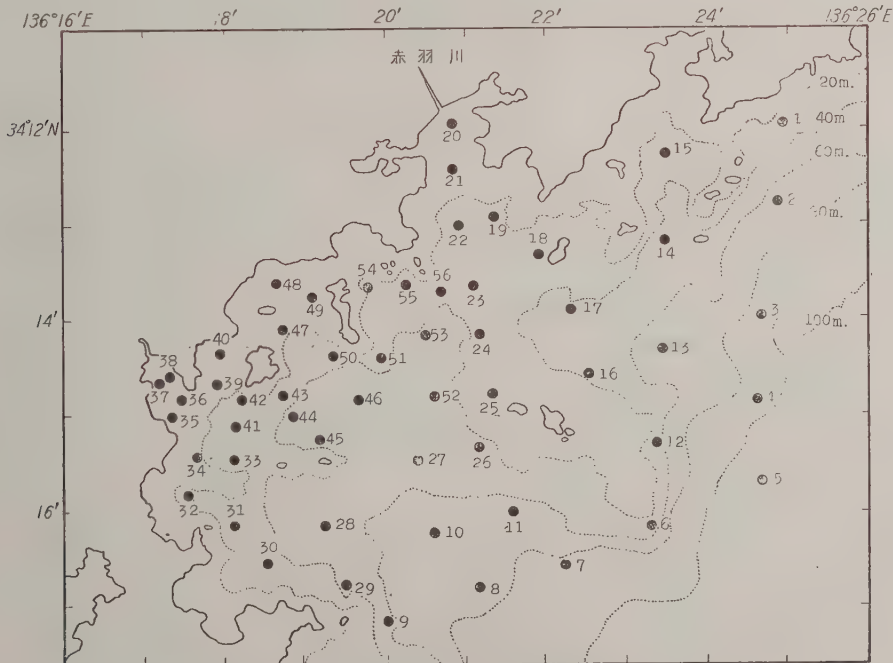
桂城湾における海底沈積物の分布について*

深井麟之助・山崎新一**

1. 緒 論

桂城湾は、紀伊半島東岸に直接熊野灘に向つて開口し、その湾入度は小さく、湾内外の水は比較的容易に交換し得る開放性の小湾である。湾外の外洋水は、通常紀伊半島の東岸に沿つて南に流れ、この湾全体としては、沿岸流の影響によつて外洋性を示すが、一方、唯一の流入河川である赤羽川の河口附近は、沿岸性もかなり強い。地形的には、紀伊山脈が海岸迄迫っている為、岸の傾斜は急峻で、降雨は大部分が河川とならず直接湾に放出され、この際当地方が多雨（年降雨量：5000 mm 程度）であることと相俟ち、相当量の懸濁物を海に運ぶことが知られている。之等の懸濁物は海水の電解質のために凝結し、海水の流動に支配されて底上に分布する。この分布要因となる沿岸流或は潮汐流は、湾内に、大島を中心として多くの岩礁が存在する為に、かなり複雑な運動を伴うことが考えられる。

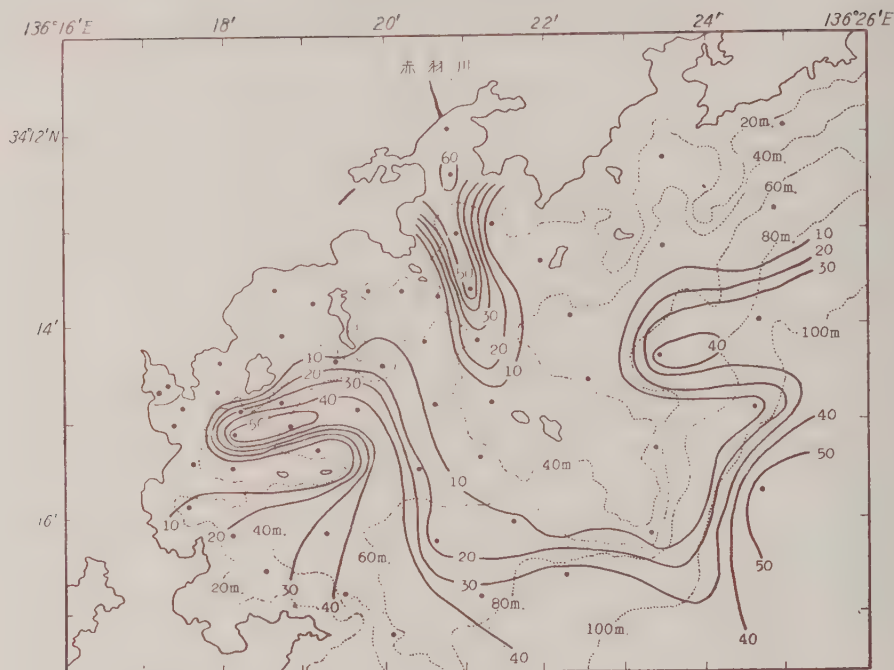
筆者等は、島勝ブリ漁場に対する宮川ダム放水の影響の予察に必要な観測が、1954年6月、蒼鷹丸によつて行われた際、上述した状態のもとに、この湾の海底沈積物が如何に分布するかを知り、平均的な流動の指標とする目的で、48個の海底沈積物試料を採集し、粒度の分別を行つたので、その結果をとりまとめて報告する。



第1図 試料採取点、数字は測点番号。

* 1957年7月2日受理，東海区水産研究所業績A第54号。

** 現勤務先：東京家政大学付属高等学校。



第2図 "泥" (Fr. 5, 粒径 0.2mm 以下) の分布, 単位: 重量百分率.

2. 試料の採取及び分別

試料採取には丸川式採泥器を使用した。この型の採泥器は、底で試料を採取してから、船上に上る途中で、かなりの粒分が失われる危険があるが、この場合は採泥深度が比較的浅いので、その危険は少かつたと考えられる。採取した試料は、ホルマリンを加えて防 腐し、湿れたままで保存した。

試料の分別は、湿試料約 50 gr を 500 ml の蒸溜水中に懸濁させ、粒径の比較的大きなものは、直径 9 cm の 4 箇の真鍮製篩(目の大きさは夫々 3mm, 1mm, 0.5mm, 0.2mm)を用いて行つた。粒径 0.2mm 以下のものは、25cm のシリンダー中に懸濁液を静置し、一定の沈降時間範囲(3 分以内, 3~30 分, 30分~24時間)によつて 3 粒分に分別した。残留液は殆んど透明で、残つた懸濁物の量は無視し得た。沈降時間によつて分別した各粒分の粒径は、近似的に STOKES の法則を適用して***、その沈降速度と平均密度から計算し、夫々 0.2~0.04 mm, 0.04~0.012 mm, 0.012~0.002mm の値を得た。

以上の如くして分別した各粒分は、110°C で乾燥し、恒量として秤量し、之等の秤量値から、各粒分の重量百分率を計算した。

*** ここでは STOKES の法則

$$r = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{v\mu}{g(\rho_1 - \rho_2)}}$$

を用いた。この式で、 r は粒の半径、 v は沈降速度、 μ は蒸溜水の粘性係数、 g は重力加速度、 ρ_1 は粒子の密度、 ρ_2 は蒸溜水の密度を夫々 C. G. S. 単位で表わしたものである。この式は正確に球型の粒子についてのみあてはまるが、近似的にこの式をそのまま適用した。

3. 結果及び考察

3. 1 各粒分の地域的分布

試料の採取点は第1図に、分別の結果は第1表(論文末尾)に示す。第1図中の数字は測点番号、点線は等深線をあらわしている。又第1表中では、粒径 0.04 mm 以下の粒分は全体を通じて僅かであったので、 0.2 mm 以下の粒分を一括し、粒分5 (Fr. 5, "泥") として示した。

第1表の数字をもととして、第2, 4, 5, 6図には、各粒分の分布を等百分率線で示した。海底沈積物の分布は、水中の溶解物質の分布の如く連続的ではなく、或場合には不連続的に変化すると考えられるが、ここでは分布の傾向を知る為に、連続性を仮定して等百分率線を描いた。

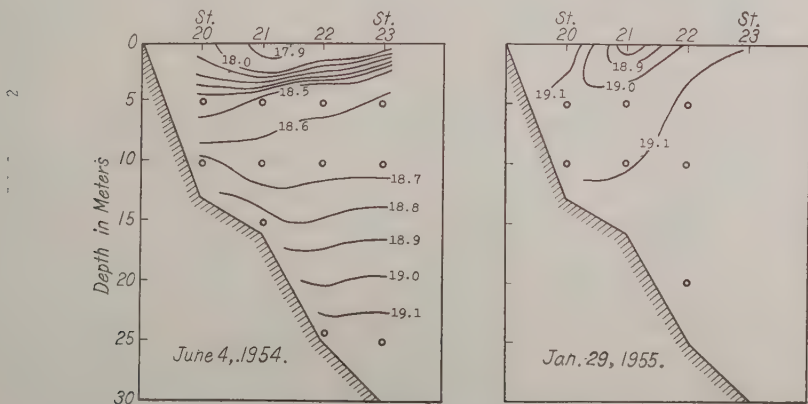
第2図は、粒分5 (Fr. 5, "泥", 粒径 0.2 mm 以下) の分布を示し、之によれば、"泥"は湾外に広く分布するが、湾内では、赤羽川の河口領域、St. 41 を中心とする湾の西部及び 60 m 等深線の湾内部えの入込みに対応する湾の東部に、その分布が集中することが明かである。

この分布を概観すると、赤羽川河口領域を除いては、地形と之に対応する流動が、主として分布に関連していることがうかがわれる。

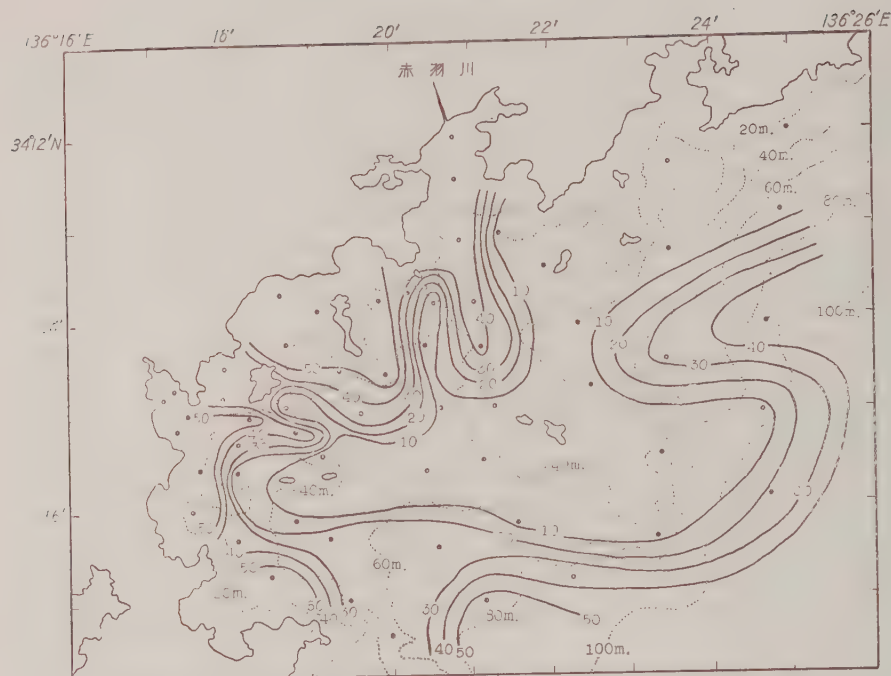
赤羽川の河口領域では、河川による懸濁物の供給により、"泥"が舌状に分布するが、河口の直ぐ近くの St. 20 よりも、かえって距離の遠い St. 21 附近の方が"泥"の百分率が大きい。之は比較的大きな粒子が河口附近に沈積し、細かな粒子は河の流れの影響で、更に沖に運ばれる為と考えられる。又第3図に示したように、St. 20 から St. 23 に至る断面の塩素量分布は、夏・冬ともに St. 21 表層に、流出水の停滞を示し、この附近における渦動の存在と、之による細かな粒子の沈積の助長を暗示している。

St. 41 を中心とする湾西部、及び St. 13 を中心とする湾東部における"泥"の蓄積は、夫々等深線の入込み部に相当し、地形的な影響による水の停滞を暗示するものと考えられる。このうち、St. 41 附近の水の停滞は、ブリ魚道と関係を持つものと考えられ、又将来三浦におけるダム水の放出についても、関連して考慮されるべきであろう。上述の3ヶ所以外は、湾内の"泥"の分布は一般に少く、殊に湾中央部には、大島を中心として岩礁が発達し、殆んど分布が見られない。

第4図には、粒分4 (Fr. 4, "細砂", 粒径 $0.5\sim 0.2\text{ mm}$) の分布を示す。分布状態は、湾外側と赤羽河口附近では大体"泥"の分布と類似するが、湾北西部一帯に"泥"が分布しないのに反してこの部分では"細砂"が80%以上を占める点が、著しく異つている。このことは、恐らく湾北西部沿岸の底流が、"泥"を沈積させず、しかも"細砂"をよく沈積させる速度をもつことを示すと考えられる。この部分で、HJULSTRÖM の求めた、粒子の沈積或は移送のおこる流速と、粒径の関係¹⁾を用い、沈積した粒子の平均粒径をもととして、平均流速を推定すると、 $2\sim 3\text{ cm/sec.}$ であ



第3図 赤羽河口領域断面の塩素量分布, 単位: $\text{Cl}\text{‰}$.



第4図 “細砂”(Fr. 4, 粒径 0.5~0.2mm) の分布, 単位: 重量百分率。

、河川と海はよく一致する。勿論沿岸の流動は、著しく複雑な変化をなし、その主軸と方向も平均化することは困難であろうが、上述のようにして求めた平均流速は、簡便な一つの尺度と見なし得よう。

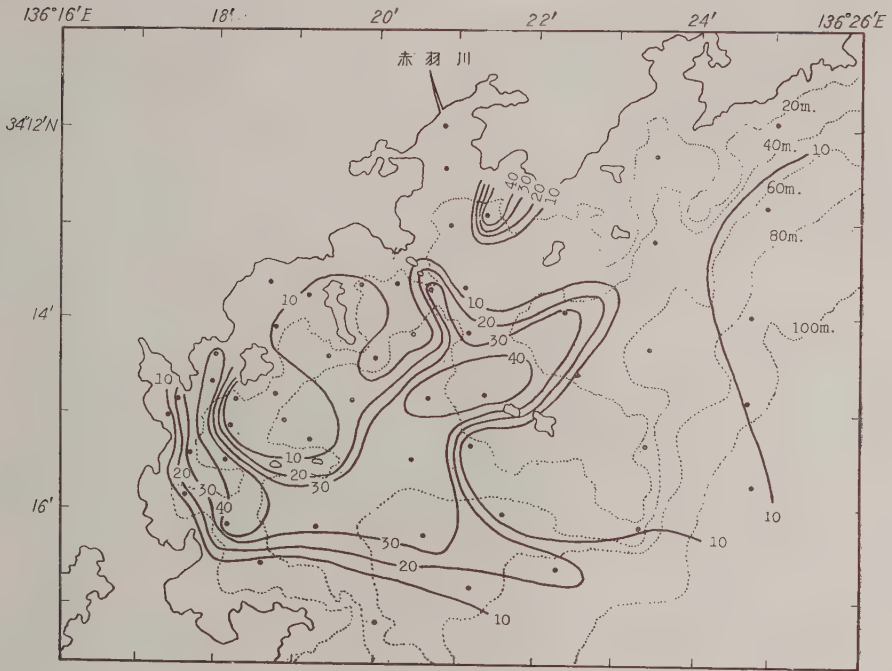
第5図及び第6図は、夫々粒分3 (Fr. 3, “粗砂”, 粒径 1~0.5mm) 及び粒分2 (Fr. 2, “粒砂”, 粒径 3~1mm) の分布を示す。之等の粒分は、かなり貝殻の碎片を含み、より細かな粒分の大部分が貝物起源であるのに比べて、著しく異っている。之等の粒分の分布の概要は、“泥”及び“細砂”と丁度逆の関係にあり、湾内の岩礁を中心として、湾の中央部に主分布を示す。即ち“粗砂”は、湾中央と、St. 41 附近に推定した渦動の西外縁に分布の中心があり、“粒砂”は、“泥・細砂”の赤羽河口舌状部の外縁に沿つて、之を西側から包むような型で分布する。何れの粒分も岸及び河口部では、より細かな粒分の堆積に蔽われて、高い百分率は示さない。之等の粒分の主分布域においては、水の平均流速は 7cm/sec. 以上であると推定され、一時的にはかなりの速度に達すると思われる。

3. 2 粒子の輸送と流速との関係

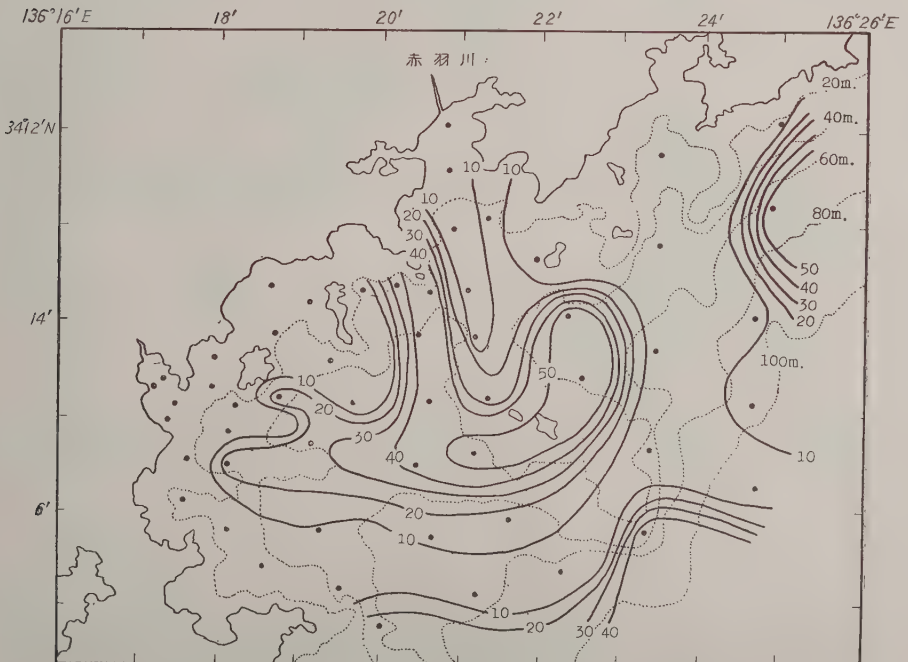
上部に存在する水の流速と、海底沈積物の移送の関係については、湾北西部における沈積物の分布に関連して触れたが、ここでは赤羽河口領域を例にとり、陸岸から放出された粒子の行動について、若干の考察を行つた結果を述べる。

第2表には、赤羽河口の St. 20~24 について、第1表にまとめて示した“泥”の粒分 (Fr. 5) を、更に沈澱法で分別した結果を示す。表に明かなように、Fr. 5 の主体は Fr. 5' (粒径, 0.2~0.04 mm) であり、St. 21 では、Fr. 5' の百分率が高い。この分布の極大は、河口からの粒子の直接的輸送と、一旦沈積した粒子の移送のためにおこると考えられるが、ここでは簡単のために輸送のみを考慮する。

今、河口から St. 21 に向つて、表面から底まで、等速度で水が流れていると仮定し、Fr. 5' の平均粒径 (幾何平均値) 0.09mm, 平均密度 2.4, 海水の粘性係数 12×10^{-3} C.G.S. 単位 (温度15



第 5 図 “粗砂” (Fr. 3, 粒径 1~0.5mm) の分布, 単位: 重量百分率.



第 6 図 “粒砂” (Fr. 2, 粒径 3~1mm) の分布, 単位: 重量百分率.

第2表 赤羽河口領域の“泥”の分別

測点番号	沈積物中の “泥”の百分率 (Fr. 5, 0.2 mm以下) (%)	粒 分		
		Fr. 5' 0.2~0.04mm (%)	Fr. 6' 0.04~0.012mm (%)	Fr. 7' 0.012~0.002mm (%)
20	51.7	50.8	0.6	0.4
21	65.5	65.1	0.2	0.2
22	52.4	51.4	0.8	0.2
23	51.9	50.2	1.3	0.5
24	30.3	27.4	2.9	—

℃, Cl: 30~34‰) を STOKES の関係 (73 頁脚註) に入れて, この流れの中での Fr. 5' の平均沈降速度を計算すると, 0.58cm/sec. を得る。以上のような平均的粒子が, 河口から海へと放出された場合, 垂直的に速度分布のない流体中で表面から沈降を始め, St. 21 に達した時, 丁度海底に沈積したとすれば, St. 21 の深さ 15 m, 河口から St. 21 迄の直線距離 1300 m を考慮すると, この粒子の河口から St. 21 迄の平均輸送速度を求めうる。すなわち

$$v_t = \frac{L}{H} v_p$$

ここに v_t は平均輸送速度, L は河口から測点までの距離, H は測点の深度, v_p は平均沈降速度である。かくして計算した平均輸送速度は 50cm/sec. (約 1 ノット), 輸送所要時間は約 40 分となる。

この計算は全層の等速を仮定しているから, 現実とは遠く, 現実の分布には, 移送, 渦動拡散が大きく作用し, 短時間には潮汐の状態も無視出来ない。又赤羽川の流量は, 夏季には 10m³/sec. 前後, 冬の渇水期には, 夏の 1/5~1/10 程度で, その流速は小さく, 水も平水では殆んど透明で, St. 21 に於ける分布の極大に大きな寄与をするとは考えられない。しかし, 雨後の増水時には, 急激に水量を増し, 甚しい黄濁水が, 相当の速度で海に運ばれる。したがって, ここで問題とした分布の極大には, このような増水時が主として寄与していると推察される。しかしこの場合は, 底層の流れも速くなり, 移送も大きくなると考えられるので実際問題は複雑であり, この外に種々の条件及びその組合せが現実の分布に関与しているものと考えられる。

しかし, 総べてを平均化した見方の上に, 増水時における Fr. 5' の粒子の河口附近での平均輸送速度が約 50cm/sec. であると云うことは一つの目安として大過ないものと推察され, 之は表面における速度の下限を示すと考えられる。

更に, ダム建設に関連して, 流れが人工的に変化させられた場合, 沈積物の分布が, 如何に変化するかは, 甚だ興味深い問題である。

3.3 海底沈積物の淘汰度及び歪度

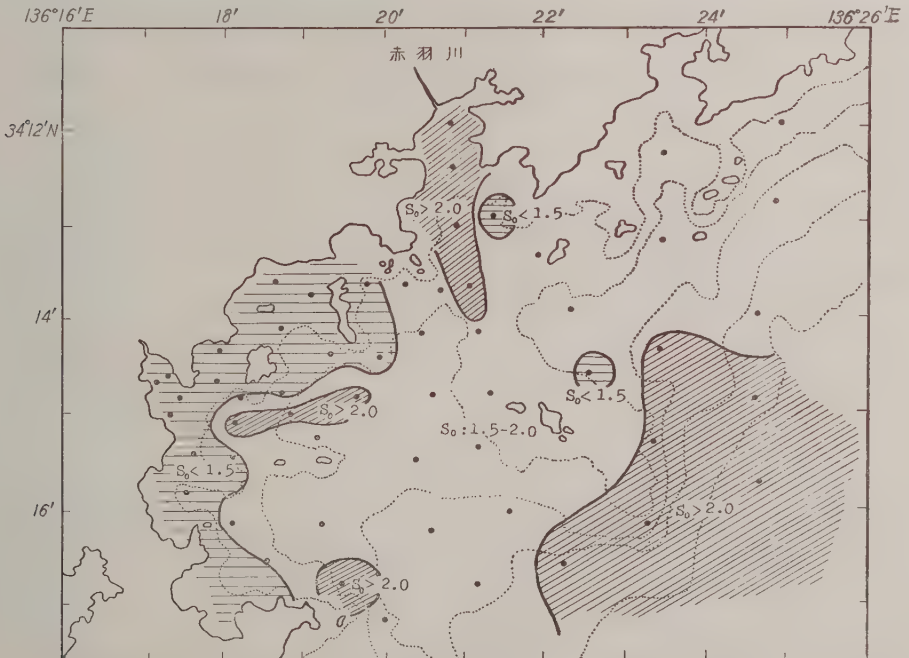
海底沈積物が, 或粒径範囲についてよく淘汰されているかどうか, 或はその粒径に対する度数分布が, 平均粒径からどの程度かたよるかを表す尺度として, 夫々淘汰度及び歪度を次の如く計算した。

$$\text{淘汰度 } S_o = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}, \quad \text{歪度 } S_k = \sqrt{\frac{Q_1 Q_3}{M^2}}$$

ここに, Q_1 , M , Q_3 は夫々第 1-4 分粒径, 平均粒径, 第 3-4 分粒径であり, 之等は, 分別した各粒分の百分率を積算して求めたものである。之等の定義から明かなように, $Q_1 \geq Q_3$ であるから, S_o は 1 より小さなことはなく, 淘汰がよい程 1 に近づく。歪度は, 1 より大きい場合も小

第 3 表 海底沈積物の淘汰度及び歪度

測点 番号	1—4 分粒径 Q_1 μ	平均粒径 M μ	2—4 分粒径 Q_3 μ	淘汰度 S_o	歪度 S_k	測点 番号	1—4 分粒径 Q_1 μ	平均粒径 M μ	2—4 分粒径 Q_3 μ	淘汰度 S_o	歪度 S_k
2	2601	1733	898	1.70	0.88	32	459	359	259	1.33	0.96
3	545	334	162	1.83	0.89	33	1127	814	614	1.35	1.02
5	415	166	83	2.24	1.12	34	634	423	310	1.43	1.05
7	627	349	161	1.97	0.91	36	594	414	306	1.39	1.03
8	432	291	148	1.71	0.87	37	427	336	245	1.32	0.96
10	934	587	267	1.87	0.85	39	844	647	439	1.39	0.94
13	425	233	109	1.97	0.92	40	828	656	475	1.32	0.96
16	2511	1929	1347	1.37	0.95	41	333	175	87	1.96	0.97
17	2188	1221	723	1.73	1.03	42	399	283	155	1.60	0.88
19	934	764	593	1.25	0.97	44	349	193	97	1.90	0.95
20	367	193	97	1.95	0.98	46	425	228	108	1.98	0.94
21	286	153	76	1.94	0.96	47	472	380	287	1.28	0.97
22	361	191	95	1.95	0.97	48	438	356	274	1.26	0.97
23	364	193	96	1.95	0.97	49	456	362	268	1.30	0.97
24	588	348	165	1.89	0.90	51	449	338	226	1.41	0.94
25	1929	927	695	1.67	1.25	52	1829	923	659	1.67	1.19
29	2083	300	123	4.12	1.69	54	468	375	284	1.28	0.97
30	420	304	181	1.52	0.91	56	2194	1387	792	1.66	0.95
31	776	481	234	1.82	0.89						

第 7 図 地域的淘汰状態 (S_o を指標として示す)。

さな場合もあるが、平均粒径と 4 分粒径の幾何平均の比であり、かたよりが少い程 1 に近い。

計算の結果は第 3 表に示す。ここで行った粒度の分別は、その粒径範囲の幅が大きく、計算値そのものが、厳密な意味をもたないが、大略の傾向はうかがいえる。計算の結果から見ると、少数の例外を除き、何れの試料についても、 S_o , S_k 共に 1 に近く、この湾内の試料が一般によく淘汰され、又平均粒径につき対称に近い度数分布をもつことが推定される。

一般に、 S_o が 2.5 以下の場合には、良く淘汰された沈積物と見なし得るが、ここでは St. 29

を除き総べてこの範囲にある。第7図には、地域的な淘汰状態を S_0 の値を指標として示した。この図では相対的に湾北西部の“細砂”の主分布域で淘汰がよく、“泥”の集中する点では悪いことが示されている。

4. 摘

以上に得られた結果を概括すれば、次の如くである。

(1) “泥”(粒径 0.2 mm以下)は、湾内では、赤羽川河口領域、St. 41 を中心とする湾の西部及び 60m 等深線の入込部に対応して湾の東部に分布が集中し、河口の特殊な条件を除いては、水の停滞を示すものと考えられる。

(2) “細砂”(粒径 0.5~0.2mm)の分布は、“泥”の分布と類似するが、湾北西部一帯に主分布域があるのが相違し、この部分の平均流速は 2~3cm/sec. と推定される。

(3) “粗砂”(粒径 1~0.5mm)及び“粒砂”(粒径 3~1mm)は、“泥・細砂”と逆に湾中央部に主分布域が存在する。この部分の流速は、7cm/sec. 以上で、一時的にはかなり速いことが推定される。

(4) 赤羽河口について計算した Fr. 5' (粒径 0.2~0.04mm) の平均輸送速度は 50cm/sec. であり、大略増水時の流れの下限に相当するものと推定される。

(5) 計算した沈積物の淘汰度、歪度から見て、湾内の試料は、よく淘汰され、平均粒径に関して対称の度数分布を持つと考えられる。淘汰状態は湾北西部の“細砂”の主分布域で殊に良い。

終りに、底土採集について援助を得た蒼鷹丸乗組諸氏及び当時の観測員諸氏に深く感謝する。

文 献

- 1) SVERDRUP, H. U., M. W. JOHNSON & R. H. FLEMING, 1952 :
"The Oceans", Prentice-Hall, Inc, New York, p. 961 (1952).
- 2) 東海区水産研究所, 1956 :
"宮川ダム放水が島勝漁場に及ぼす影響予察調査報告", p. 20, 昭和 31 年 3 月.

第 1 表 海底沈積物の粒度分別結果

測点 番号	深度 m	採集月日	粒 分 (重量百分率)				
			Fr.1, >3mm %	Fr.2, 3~1mm %	Fr.3, 1~0.5mm %	Fr.4, 0.5~0.2mm %	Fr.5, ~0.2mm> %
1	30	5月31日	84.2	9.9	5.3	0.4	0.1
2	76	"	13.5	57.6	19.1	6.1	3.6
3	80	6月4日	6.1	5.8	14.4	42.8	30.9
4	86	5月31日	65.7	13.6	10.3	4.0	6.5
5	118	"	3.1	6.3	9.7	20.8	60.1
6	70	"	46.1	42.2	9.9	1.8	—
7	90	"	0.4	7.5	22.9	38.2	30.9
8	85	6月4日	—	1.0	11.8	53.4	33.8
9	—	5月31日	74.4	21.2	3.4	0.6	0.5
10	—	"	6.2	14.0	36.1	24.1	19.5
11	65	"	67.2	17.2	8.2	4.1	3.3
12	40	"	岩礁	—	—	—	—
13	70	"	2.8	4.6	7.9	39.0	45.6
14	66	"	岩礁	—	—	—	—
16	45	6月22日	4.0	85.9	8.8	0.9	0.6
17	45	6月4日	4.0	51.7	34.8	8.2	1.4
18	30	"	岩礁	—	—	—	—
19	25	6月22日	—	15.4	73.2	9.8	1.6
20	14	6月4日	—	3.1	3.4	41.8	51.7
21	15	6月5日	—	—	1.4	33.1	65.5
22	28	"	—	0.6	5.0	42.0	52.4
23	35	"	—	3.2	2.6	42.3	51.9
24	47	"	—	3.1	26.6	40.0	30.3
25	22	6月21日	5.3	36.8	53.9	4.1	—
26	55	"	32.1	65.3	2.3	0.3	0.1
29	52	"	23.9	2.4	5.3	27.6	40.8
30	40	"	—	1.4	6.3	64.7	27.6
31	35	"	—	6.3	41.8	30.3	21.6
32	24	6月26日	—	3.4	11.2	75.2	10.2
33	28	6月21日	—	26.7	62.5	10.1	0.7
34	21	6月26日	—	3.2	29.8	66.4	0.6
36	15	"	—	3.8	26.1	69.8	0.4
37	10	6月22日	—	1.2	3.7	82.5	12.6
39	16	6月26日	—	5.1	63.6	31.2	0.1
40	12	"	—	—	72.7	27.3	—
41	30	6月21日	—	1.5	1.4	39.8	57.3
42	25	6月26日	—	—	3.2	64.6	32.3
43	30	6月21日	32.2	24.5	1.6	13.4	28.3
44	40	6月26日	—	0.3	1.0	47.0	51.8
45	42	6月21日	52.5	29.6	4.8	0.6	12.5
46	54	"	—	1.5	14.0	38.0	46.5
47	20	"	—	2.3	15.1	81.2	1.4
48	11	6月11日	—	1.3	4.9	91.4	2.5
49	21	6月21日	—	1.5	11.9	79.5	7.2
51	53	"	—	6.1	7.4	67.4	19.1
52	50	"	—	42.7	47.4	9.7	0.3
53	34	6月5日	43.1	41.0	15.9	—	—
54	27	"	—	1.4	14.9	81.4	2.3
56	37	6月25日	—	62.0	31.2	6.1	0.7

On the Distribution of Bottom Sediments in Katsuragi Bay, Mié Prefecture

Rinnosuke FUKAI and Shin'ichi YAMAZAKI

Synopsis

In order to obtain the basis of the prediction concerning the effect of fresh water to be discharged from the Miyagawa Dam on the fishing ground for yellow-tail in Katsuragi Bay, a series of observations were carried out from May 1954 to April 1955. In the course of the observations, bottom sediments were collected from the bay to investigate the distribution of the sediments in connection with the estimation of average magnitudes of bottom flow prevailing in various parts of the bay.

The results of the size-fractionation of the sediments are shown in the table and figures.

From the results obtained the following conclusions have been derived:

1. "Silt" (diameter: below 0.2 mm) is mainly distributed in three areas: the estuary of the Akaba River, the western part of the bay near St. 41, and the eastern part near St. 13, suggesting the stagnation of water in these areas except for the estuary where "silt" is likely brought from the river.
2. The distribution of "fine sand" (diameter: 0.5—0.2 mm) is generally similar to that of "silt", but differs from that in the north-western coastal area, in which the average velocity of bottom flow has been estimated to be 2—3 cm/sec.
3. The distributions of "coarse sand" (diameter: 1—0.5 mm) and "grainy sand" (diameter 3—1 mm) have their center in the central part of the bay, in contrast with those of "silt" and "fine sand". The velocity of bottom flow is inferred over 7 cm/sec., reaching much higher occasionally.
4. Average velocity of transport for the particles, belonging to the size-range from 0.2 to 0.04 mm (Fr. 5'), has been calculated to be 50 cm/sec. for the outfall area of the Akaba River. Probably the velocity corresponds to the lower limit of the river flow in the case of the rise of the water level.
5. On the basis of calculated values of sorting coefficient and skewness concerning the size-grade distribution, it has been deduced that the sediments collected in the region under study are well-sorted and have symmetry distribution about the median diameter.

鮪延縄用餌料イカに関する研究—II

スルメイカの餌持改善についての一つの試み

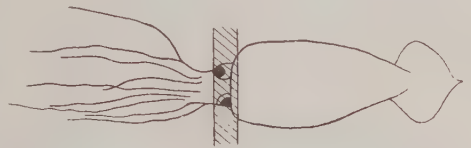
小 山 武 夫

I. 緒 言

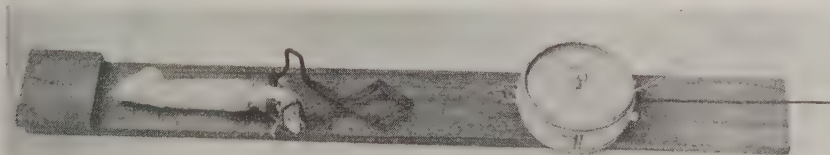
鮪延縄に使用されている餌料スルメイカは海水中に 16時間~18 時間放置すると、その胴頭接統部の強度が非常に弱まり（漁場水温によつても多少異なる）頭部の脱落するものが相当数ある。そこでその強度を強める試みとして、胴頭接統部にホルマリン5%溶液を塗布した場合の補強の効果について実験を行つた。なおホルマリン溶液の効果としては、1) 肉質の腐蝕を防止する。2) 組織変化（ホルマリンなめし）によつて肉質の強度を強める、等の利点が考えられる。しかし又その反面マグロ類のホルマリンに対する嗅覚の問題があつて、餌付が悪くなる事も予想される。この餌付の問題についてはカナダの A. G. HONTSMAN¹⁾ 及 A. P. KNIGHT²⁾ 等によつて延縄試験が行われており、その結果、前者によると極く薄いホルマリンの場合（餌料はニシン及びハマグリ）はタラ、カスベ、アイナメ、等に対して餌付が悪くない事を報告している。しかし後者は餌付の不良を報告しており、此の点については更に今後究明する必要がある。

II. 実 験 方 法

ブライン式急速冷凍法（ -30°C ）で冷凍されたスルメイカを一匹づつ分離し、それを清水中（水温 20°C ）に約2時間放置、完全に解凍後、ホルマリン5%溶液をスポイドでその局部（第1図）に塗布、それを大気中に約1時間放置（これはホルマリンなめしの組織変化を起させる為）したものと、ホルマリンを塗布しないものが水中放置時間（水温 20°C 清水中に 2, 4, 7, 13, 17, 23, 44, 100, 時間）の経過にともなつて、どの様な強度の変化を示すかについて実験した。強度の測定に当つては、第2図に示す様にスルメイカの胴



第1図 ホルマリン溶液を塗布した箇所
（斜線の部分）



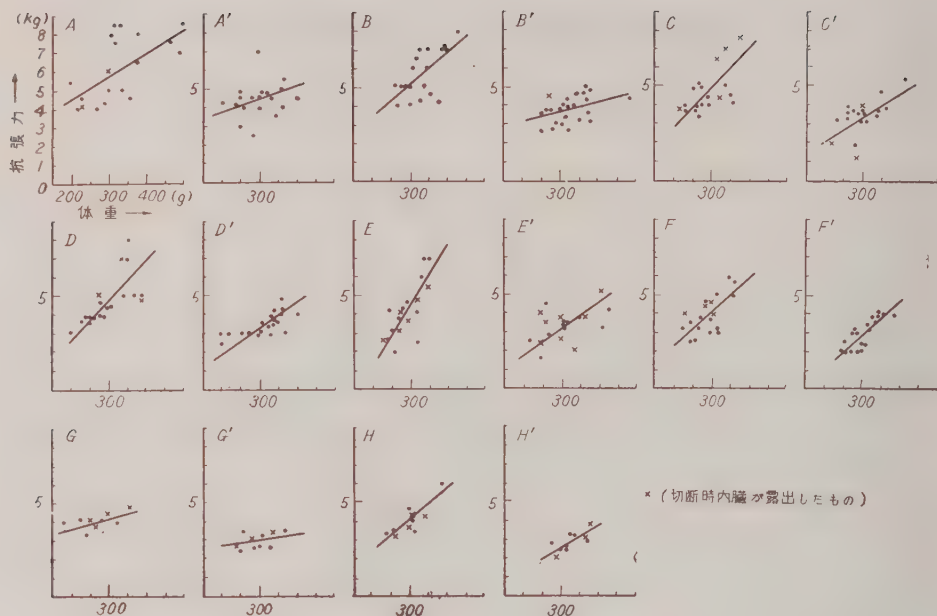
第2図 実験測定装置

頭接統部に鉄製の特殊爪鉗具を取付け、その胴頭切断時の抗張力を寺岡式安定型吊皿秤で計測した。

III. 実験結果及び考察

前記の実験方法によつて測定したイカの胴頭接統部抗張力とイカの体重との関係を各水中放置時間別に表わすと第3図A~H及び A'~H' の如くである。実験時、

切断に際して内臓が露出したもの（第3図には×を以て表わす）が相当数あつたが、その抗張力には規則的な関係が認められなかつたので、一応内臓の露出は抗張力とは関係はないものとみな

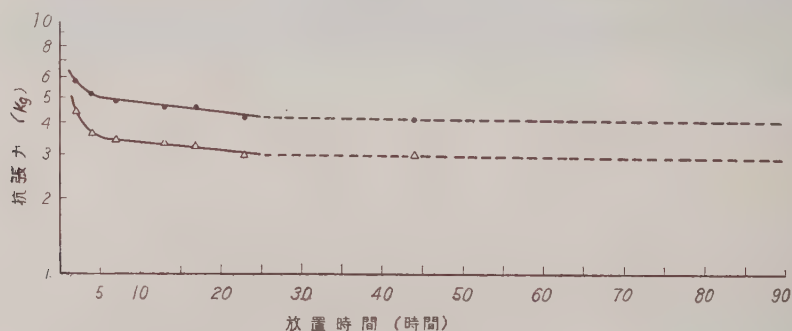


A : ホルマリン塗布のイカを2時間水中に放置	A' : ホルマリンを塗布しないイカを2時間水中に放置
B : " 3時間 "	B' : " 4時間 "
C : " 7時間 "	C' : " 7時間 "
D : " 13時間 "	D' : " 13時間 "
E : " 17時間 "	E' : " 17時間 "
F : " 23時間 "	F' : " 23時間 "
G : " 44時間 "	G' : " 44時間 "
H : " 100時間 "	H' : " 100時間 "

第3図 スルメイカ胴頭接続部の抗張力と体重の関係

し、内臓の露出しなかつたものと同様に取扱つた。

第3図に見られるように、水中放置時間が同じ場合にはイカの個体の体重が大なる程その胴頭接続部の抗張力は大きい傾向が見られ、又同じ体重のものでも個体により又漁獲後の取扱の相違などによりかなり大きい幅で不同があるが大体直線回帰とみなし得る。水中放置時間と抗張力との関係を見るため体重 300g を標準にとり、第3図の各回帰直線上に体重 300g に対して抗張力 T を求め、これを水中放置時間 t に対して半対数方眼紙上にプロットすると第4図の如くなる。これ



第4図 スルメイカ胴頭接続部の抗張力と水中放置時間の関係

● ホルマリンを塗布したもの △ホルマリンを塗布しないもの

により次のように考察した。

1) イカを水中に放置するとホルマリンで処理したものも、またこれで処理しないものも共に最初の 5 時間位の間に抗張力を急激に減ずる。その減退の割合はホルマリンで処理しないものの方が著しく大きく、

T = ホルマリンで処理したイカの抗張力

T' = ホルマリンで処理しないイカの抗張力

とし、 T_5 及び T'_5 をそれぞれ水中放置 5 時間においての値とすると、 $T_5=5\text{kg}$ $T'_5=3.5\text{kg}$ 位であり、 $\frac{T_5}{T'_5}=1.45$ である。

2) 水中放置 5 時間位を経過した後は抗張力の減退の度合はそれ以前に比べて著しく小さいものとなり、水中放置 5 時間から 25 時間位までの間ではホルマリンで処理したものも処理しないものも共に、その抗張力と時間との関係は大体それぞれ

$$T = T_5 e^{-a(t-5)}$$

$$T' = T'_5 e^{-a'(t-5)}$$

なる式で表わされる。ここに a 及び a' はそれぞれホルマリンで処理したものと処理しないものについての抗張力減退率とする。

抗張力減退率は第 4 図でわかるようにホルマリンで処理したものの方が幾分大きく、第 4 図によって概算すると、 $a=0.010, 1\text{h}^{-1}$ 及び $a'=0.008, 8\text{h}^{-1}$ と求められる。

かように抗張力減退率はホルマリンで処理したものの方が大きいから、 T_5 は T'_5 より充分大きいから水中放置時間が 25 時間位では依然ホルマリン処理のものの方が抗張力が大きく、 $T_{25}=4.1\text{kg}$ に対して $T'_{25}=2.95\text{kg}$ となつてゐる。

3) 水中放置 25 時間位からは抗張力は殆ど変化しない。

4) 実際の延縄操業では投縄の始めから揚縄の終るまでの時間は普通 16~18 時間であるから、この程度の時間の範囲について第 4 図を見ると、ホルマリンで処理したものは処理しないもの大体 1.4 倍の強さをもつてゐる。そしてホルマリン塗布による強化効果は最初の 5 時間位の間に顕著に表われ、水中放置 5 時間では両者の抗張力の差は約 1.5kg となつてゐる。この差はその後の時間の経過により幾分小さくなるが延縄作業で普通最も長い時間と考えられる 18 時間でもなお 1.3 kg の差をもっており $\frac{T_{18}}{T'_{18}}=1.4$ である。

5) 実験結果ではホルマリンを塗布しない普通のイカでも水中放置時間 18 時間で、なお 3 kg 位の強さをもっており、この程度の強さならば実際に延縄漁業で経験されるような頭部脱落が起るとは思われない。恐らく実際には縄の操作によるショックや風浪による動揺などで接続部が弱められ、そのために脱落するものとも推測される。また南方漁場に於ては水温が実験温度の 20°C より相当高いため抗張力減退率もつと大きくなり、そのためとも考えられる。餌に加わるショック、動揺などの点を考えると静止水中に放置した実験の結果から直ちにホルマリン塗布によつて頭部脱落を防ぎ得るとは速断し得ないが、静止水中ではホルマリンの効果は明らかであり胴頭接続部の強さを約 1.4 倍に高め得たのであるから実際に延縄に餌料として使用する場合にも効果あるものと思われる。又水温の影響が大きいとすれば水温の高い所でも、ホルマリン塗布のものは、塗布しないものより強いことが予想されるから、矢張り効果を期待し得ると思う。

なお実験では 5%ホルマリン溶液を使用したから、水中に 2 時間も放置すると嗅気は殆ど感じられない程度のもとなるから、この点でも実用には差支えないと考えられる。

IV. 要 約

餌料スルメイカの胴頭接続部にホルマリン 5%溶液を塗布すると、その強度は塗布しないものより、体重 300g 当りで平均約 1.3kg 位強くなる。

本実験を指導くださった高山重嶺漁具漁法部長及取まとめに当つて種々忠言を賜つた栗田晋先生及文献紹介の労をいただいた山田金次郎技官に厚く御礼申上げる。

文献

- 1) A.G. HONTSMAN : Atlantic Fisheries Experimental Station, Progress Report No.3(13), 1932.
- 2) A.P. KNIGHT : Contributions to Canadian Biology and Fisheries 1906—1910, p.p. 23—32

Study on Bait for Tuna Long Line—Ⅱ.
Preservation of Bait Squid

Takeo KOYAMA

Synopsis

In tuna long line fishery, baitsquid when they are left on the hook under water for 16—18 hours, are apt to be deteriorated at the joint between the trunk and the head. In consequence, the number of the bait whose head falls off the hook would be considerable for operations of the fishery.

With a view to mitigate this disadvantage, an experiment was conducted by applying 5% formalin solution to the part in question (Fig. 1). when breaking strength of the head-trunk-joint was compared between the test sample and the control with help of a tension meter (Fig. 2), the former was found to be about 1.5 kg. greater in the mean strength than the latter on the basis of 300 gr. of the body weight (Figs. 3 and 4).

保護網付硝子玉浮子が水中で流れから 受ける抵抗について

小 山 武 夫

I. 緒 言

裸硝子玉浮子に保護網を取つける場合はその表面が粗くなる為、当然摩擦抵抗が増大し抵抗係数も増大することが考へられる。これについては小林等¹⁾及び谷口²⁾の研究があるが、著者は保護網の糸の太さ、及び目合の大きさ。並びに糸の種類等を種々に変へた場合、それが抵抗係数にどのような影響を及ぼすかについて実験を行い、且つ保護網をもつ硝子玉浮子の抵抗特性につき考察を行った。以下これについて報告する。

II. 実 験 方 法

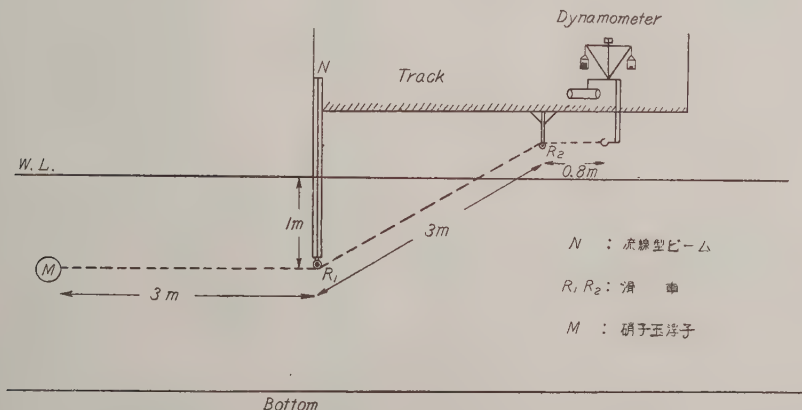
実験は当所の船型試験水槽（巾 4m、長さは 50 m で曳行速度を一定に保ち得る有効長さは約 35 m、深さ 2.5m~3m）において昭和 31 年 8 月上旬、水温 20°C の状態で行った。

実験に用いた硝子玉浮子とその保護網の寸法は第 1 表に示す通りである。

第 1 表 実験に用いた硝子玉浮子とその保護網

硝子玉 称 呼	5 寸 玉	7 寸 玉	9 寸 玉	1 尺 1 寸 玉
実 験 番 号	5A1	5M5	7A1	7M8
硝子玉平均直径 cm	15.4	15.1	21.0	21.5
保 網 糸 種 類	アミラン	マニラ	アミラン	マニラ
網 糸 直 径 mm	1	5	1	8
目 合 寸	3	3	3	3

備考 実験番号は最初の数字で玉の称呼直径(寸)、次の記号で網糸の種類、最後の数字で網糸の直径(mm)を表わすものとする。



第 1 図 実 験 装 置

第 1 表に示される供試硝子玉浮子の一部に小孔をあけ、これに水を入れ水中重量を大略 0 に近くし、それを第 1 図で示す様に R₁, R₂ の滑車を通じ、マニラ麻糸（直径 1.5mm）で水槽中を曳行

し各遊星に於ける抵抗を動型試験用 dynamometer で測定した。実験時硝子玉浮子が左右にふれ安定の悪くなった場合があつたが、これについても dynamometer の記録からその平均値を読んだ。又曳行速度については台車の速度が略々一定に保たれた中間部の平均値を探つた。なおこれらの抵抗測定値にはすべて曳針（直径 1.5mm, 長さ 6.8m）の抵抗が加算されているが、これは浮子の抵抗に比して非常に小さいものであるから無視した。又実験測定に当つては次の点に注意した。

- i) 造波抵抗の影響をなくする為、硝子玉浮子を水面下 1 m 位に沈降させて曳行した。
- ii) ビーム(N) によつて流れを乱す恐れがある為これを流線型とし、これと供試浮子との間に充分の距離をもたせた。
- iii) 滑車の摩擦抵抗による影響が考へられるので、あらかじめ、これについて予備実験を行ひ測定値の補正を行つた。

III. 実験結果

実験結果による曳行速度と抵抗との関係は第 2 表及び第 2 図に示す如くである。

第 2 表 浮子の曳行速度と抵抗

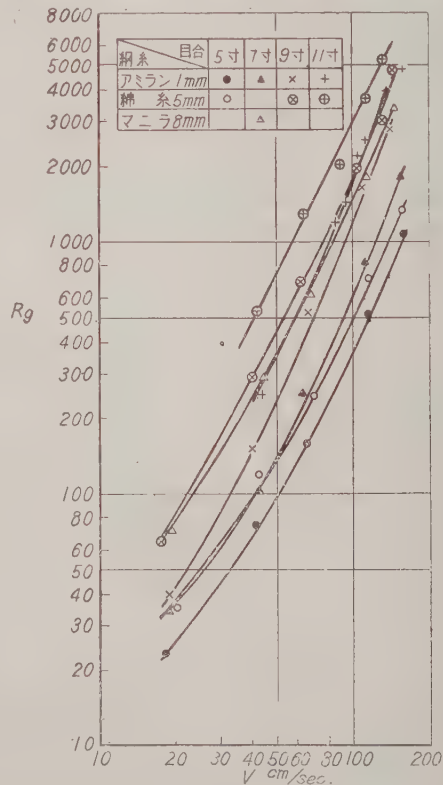
実験番号	曳行速度 v cm/sec	抵抗 R g
5A1	18.1	24
	42.5	73.5
	64.2	160
	112	517
	158	1,070
7A1	18.8	34
	42.2	104
	61.6	248
	111	824
	157	1,845
9A1	18.9	40
	39.1	152
	62.8	512
	107	1,616
	140	2,860
11A1	42.1	249
	85.8	1,231
	92.3	1,464
	108	2,302
	115	2,548
5M5	146	4,040
	156	4,891
7M8	19.0	33.5
	42.4	120
	65.4	238
	112	708
	158	1,316
9C5	17.6	64
	39.5	290
	61.2	676
	105	1,951
	132	2,970
11C5	148	3,736
	42.2	529
	15.8	1,280
	88.4	2,022
	114	3,668
	133	5,108

第 2 図によつてみると、抵抗 R を

$$R = kv^n \quad (1)$$

と表わすと、 n の値は大体 2 に近いが、 v の小さい所では n は 2 より小さく、 v の大きい所では n は 2 より稍々大きく、図に見られる如く $\log R - \log v$ 曲線は上方に稍々凹となる。

物体が流体中を進行する時或は物体が流体の流れの中に



第 2 図 硝子玉浮子の曳行速度と抵抗の関係

置かれている時に物体の受ける流体抵抗を R とすると、抵抗係数 C_x は次の式により与えられる。

$$C_x = \frac{R}{\frac{1}{2} \rho v^2 S} \quad (2)$$

但し ρ = 流体の密度

v = 物体に対する流体の流れの速さ

S = 流れに直角な物体の最大面積

とする。

供試浮子は保護網で覆われているから上の最大面積 S としては、そのことを考慮しなければならないが、網糸は細く目合は大きいから網の存在を無視して、(2) 式の S としては球の直経を通る断面積を採り、(2) 式により実験結果から C_x を求めると第3表の如くなる。

第3表 浮子の曳行速度と抵抗係数

実験番号	曳行速度 v cm/sec	抵抗係数 C_x	実験番号	曳行速度 v cm/sec	抵抗係数 C_x
5 A 1	18.1	0.795	5 M 5	19.0	1.005
	42.5	0.44		42.4	0.725
	64.2	0.42		65.4	0.605
	112	0.445		112	0.615
	158	0.465		158	0.575
7 A 1	18.8	0.535	7 M 8	19.1	1.095
	42.2	0.325		42.8	0.86
	61.6	0.365		63.8	0.835
	111	0.37		111	0.80
	157	0.415		150	0.835
9 A 1	18.9	0.375	9 C 5	17.6	0.69
	39.1	0.335		39.5	0.625
	62.8	0.435		61.2	0.605
	107	0.475		105	0.595
	140	0.49		132	0.57
11 A 1	42.1	0.315	11 C 5	42.2	0.665
	85.8	0.375		65.8	0.665
	92.3	0.385		88.4	0.58
	103	0.445		114	0.635
	115	0.43		133	0.65
	146	0.425			
	156	0.45			

(1) 式の v の指数 n の値は v により変つてゐるから、 C_x の値は v により異り、その変り方は v の小さい所で著しい。

IV. 考 察

1. 浮子玉の抵抗係数と Reynolds 数との関係

前記のように浮子玉の抵抗係数は曳行速度 v により異なる値を示すが、一般に物体が流体中を進行する時に受ける抵抗は進行速度 v のみならず、物体の形状、寸法及流体の種類にも関係するものであつて、抵抗係数 C_x は

$$R_e = \frac{vl}{\nu} \quad (3)$$

を以て表わされる Reynolds 数の函数であることが知られてゐる。但し (3) 式において

l = 物体の形状に従ひ適当にとられたその線寸法。

ν = 流体の動粘性係数

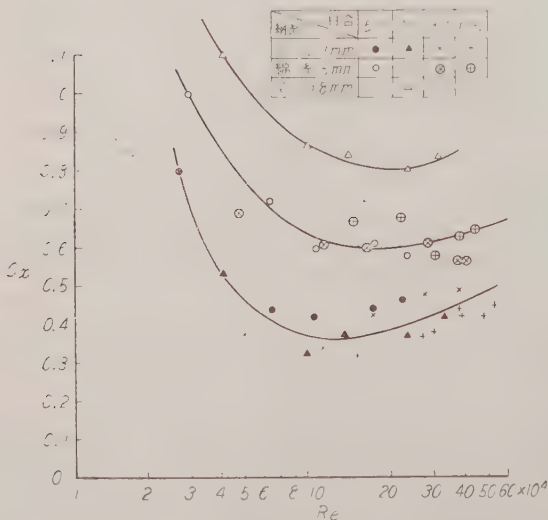
とする。

Reynolds 数は幾何学的に相似な形をもち大きさを異にする二物体が異なる流体中を運動する場合

に各々においての流体の流れの有様が相等しいという条件に対して定められる数であつて、(3) 式の l はこの条件に合うように選ばれるべき長さである。球は互に相似であるが、浮子に対しては l としてはその直径をとればよいが、実験に用いたような保護網をもつ浮子玉では互に相似であるとはいひ得ない。故に第 1 表に示されたような各種の条件の異なる浮子玉についての実験結果をまとめて C_x と R_e との関係を見るために便宜上保護網をもつ浮子玉に対しても (3) 式の l として硝子玉そのものの直径をとり、これにより浮子玉についての R_e を表わすものとする。然らば各実験についての R_e を求めると第 4 表に示す如くに得られ、これにより C_x と R_e との関係を求めると第 3 図の如くである。

第 4 表 Reynolds 数と抵抗係数

実験番号	曳行速度 v cm/sec	Re	C_x	実験番号	曳行速度 v cm/sec	Re	C_x
5 A 1	18.1	2.7×10^4	0.795	5 M 5	19.0	2.85×10^4	1.005
	42.5	6.4	0.44		42.4	6.4	0.725
	64.2	9.65	0.42		65.4	9.8	0.605
	112	17	0.445		111	17	0.615
	158	23.5	0.465		158	23.5	0.575
7 A 1	18.8	3.95×10^4	0.535	7 M 8	19.1	4.0×10^4	1.095
	42.2	8.9	0.325		42.8	9.0	0.86
	61.6	13	0.365		63.8	13.5	0.835
	111	23.5	0.37		111	23.5	0.80
	157	33	0.415		150	31.5	0.835
9 A 1	18.9	5.1×10^4	0.375	9 C 5	17.6	4.75×10^4	0.69
	39.1	10.5	0.335		39.5	10.5	0.625
	62.8	17	0.435		61.2	16.5	0.605
	107	29	0.475		105	28.5	0.595
	140	38	0.49		132	36	0.57
11 A 1	42.1	14×10^4	0.315	11 C 5	42.2	14×10^4	0.665
	85.8	28.5	0.375		65.8	22	0.665
	92.3	30.5	0.388		88.4	29.5	0.58
	108	36	0.445		114	38	0.635
	115	38	0.43		133	44	0.65
	146	48.5	0.425				
	156	51.5	0.45				

第 3 図 各種保護網付硝子玉浮子の C_x と Re の関係

Re 及び C_x は無次元の値であるから相似条件が満足される裸球では表面状態が同様ならば C_x と Re との関係は一本の曲線により表わされるわけであるが、供試浮子の如く保護網をもつ球では相似の条件は充分に充たされないから C_x と Re との関係は第 3 図のように曲線群となつて表わされる。第 3 図により大体次の如くに考察される。

a) 保護網の網糸の太さが等しいものについては C_x と Re との関係は球の直径に無関係に大体一本の曲線にまとめて表わし得るが、網糸の太さが異なるに従ひ明らかに別個の曲線となつて現われる。このことは供試浮子の場合のような球の直径と糸の太さとの比及び目合の大きさでは網糸の太さが等しければ保護網によつて相似の条件が

そこなわれることは軽微であるが、異なる太さの糸の網がつけられる時には網糸の太さの違によつて相似の条件が明らかに失われる事が考えられる。

b) 保護網の網糸の直径が大なる程、同じ Re においての C_x の値は大きい。このことは保護網により流れの状態が変り、その変り方は網糸が太い程大きく、従つて網糸の太さが大きい程抵抗が増大されることを示すものと考えられる。

c) 保護網の目合の大小が C_x と Re との関係に及ぼす影響はこの実験では明らかでない。このことは実験に用いた浮子玉の直経と目合寸法との割合の程度では保護網がつけられることにより相似性がそこなわれることが比較的小さいためであろう。

d) 網糸の種類による C_x と Re との関係への影響はこの実験では殆んど認められない。このことは網糸の種類の違によつては相似の条件は殆ど影響されないためであろうと思われる。

2. 保護網をもつ浮子玉の抵抗特性

真球については C_x と Re との関係について多くの実験結果が発表されており、第4図のA曲線として表わされている。この図に第3図の網糸直径 1.5 及び 8mm の保護網をもつ浮子玉について得られた $C_x \sim Re$ 曲線をそれぞれ、 B_1 , B_5 及び B_8 曲線として示し、これらとA曲線とを比較してみると、曲線の形から考えて各B曲線は何れもA曲線の J.K.L. の部分に相当するものと見られる。そして相対応する点、例えば曲線の谷底に当るKをとつてみると、B曲線の谷底は何れもA曲線の谷底より Re の著しく大きい所にあり、各曲線の谷底Kにおいての Re 及び C_x をそれぞれ Re_k 及び $C_{x,k}$ と表わすと網糸の直径が大なる程 Re_k は大きく又 $C_{x,k}$ も大きい。

このように網糸の直径が大なる程 Re_k 及び $C_{x,k}$ の大きいことを $Re = \frac{v l}{\nu}$ 及び $C_x = \frac{R}{\frac{1}{2} \rho v^2 S}$

なる表現に照合して考えると、網糸の直径が大なる程浮子玉の表面状態が粗になり抵抗を増大するように流れの様様が変わるが、それは見掛上は恰も流体がその密度 ρ 及び動粘性係数 ν が大きくなつて浮子玉にはたらくのと同様な特性を示すものと仮定することができる。よつてこれをつき進めて、保護網をもつ硝子玉が密度 ρ 、動粘性係数 ν 、なる流体中を進む時の抵抗特性は裸硝子玉が密度が ρ より大なる ρ' 、動粘性係数が ν より大なる ν' 、なる流体中を進む時の抵抗特性に相当するものとみなし得るものと考え、その場合の裸硝子玉に対する相当 Reynolds 数を $R'e$ 、相当抵抗係数を $C'_{x'}$ 、として、これらの関係を第5表に示すように表わすならば、 $C_x \sim Re$ 曲線と $C'_{x'} \sim R'e$ 曲線の相対応する点については

$$\frac{Re}{R'e} = \frac{\nu'}{\nu}$$

及び

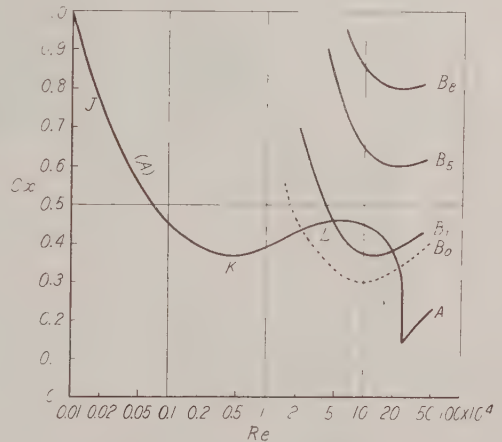
$$\frac{C_x}{C'_{x'}} = \frac{\rho'}{\rho}$$

なる関係がある。

故に相対応する点として各曲線の谷底の点、 k 及び k' 、をとるならば

$$\frac{Re_k}{R'e_k} = \frac{\nu'}{\nu}$$

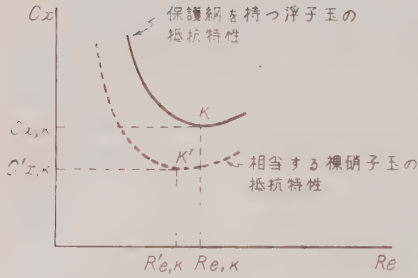
及び



第4図 真球との比較

第5表 相当 Reynolds 数及相当抵抗係数

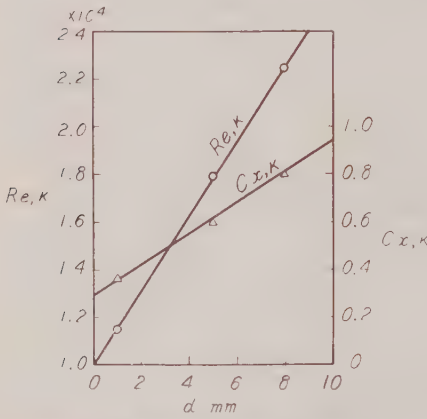
	網をもつ球に対する 実際値	裸球に対する相 当値
密 度	ρ	ρ'
動粘性係数	ν	ν'
Reynolds 数	$Re = \frac{v l}{\nu}$	$R'e = \frac{v l}{\nu'}$
抵抗係数	$C_x = \frac{R}{\frac{1}{2} \rho v^2 S}$	$C'_{x'} = \frac{R}{\frac{1}{2} \rho' v^2 S}$



第5図 相当する裸硝子玉の抵抗特性

第6表 Re_k 及び $C_{x,k}$

網糸の直径 d mm	$Re_{k,k}$	$C_{x,k,k}$
1	11.5×10^4	0.36
5	1.15×10^5	0.36
8	22.4×10^4	0.80



第6図 保護網の網糸の直径と $Re_{k,k}$ 及 $C_{x,k,k}$ の関係

第7表 裸硝子玉としての相当密度及び相当動粘性係数

網糸直径 d mm	相当密度 ρ' g/cm ³	相当動粘性係数 ν' cm ² /sec
0	1.00	0.010, 1
1	1.235	0.011, 6
5	2.035	0.018, 0
8	2.685	0.022, 7

$$\frac{C_{x,k}}{C'_{x,k}} = \frac{\rho'}{\rho}$$

であるから裸硝子玉に対する相当値 $Re_{k,k}$ 及び $C'_{x,k}$ がわかれば相当動粘性係数 ν' 及び相当密度 ρ' をそれぞれ、

$$\nu' = \frac{Re_{k,k}}{C'_{x,k,k}} \nu$$

及び

$$\rho' = \frac{C_{x,k,k}}{C'_{x,k,k}} \rho$$

として求め得る。

今第3図により保護網の網糸の直径 $d=1, 5$ 及び 8mm なる場合の $Re_{k,k}$ 及び $C_{x,k,k}$ を第6表に示す如くに推定し、これらと網糸直径との関係を見ると第6図の如くであり、 $Re_{k,k}$ 及び $C_{x,k,k}$ は d と略々直線関係にあることがわかり、この図により裸硝子玉に対する相当 Reynolds 数及抵抗係数をそれぞれ $Re_{k,k}=10 \times 10^4$ 及び $C'_{x,k,k}=0.30$ と推定し得る。又 ρ 及び ν として実験時の水槽の水温 20°C における水の密度及び粘性係数の値をとり、 $\rho=1.00\text{ g/cm}^3$ 及び $\nu=0.010, 1\text{ cm}^2/\text{sec}$ とするならば ρ' 及び ν' を第7表に示す如くに求め得る。

この ρ' 及び ν' により各供試浮子の直径 l 及び各曳行速度 v に対してのそれが裸玉としての相当 Reynolds 数、 Re 及び相当抵抗係数 C_x を求めると第8表の如くなる。

第8表に示された Re と C_x の関係を図示すると第7図の如くなり、浮子玉の直径及び網糸の太さに無関係に大体一つの曲線にまとめて表わすことができる。この曲線は裸硝子玉についての抵抗特性を表わすものに他ならない。

3. 浮子硝子玉と真球との抵抗特性の比較

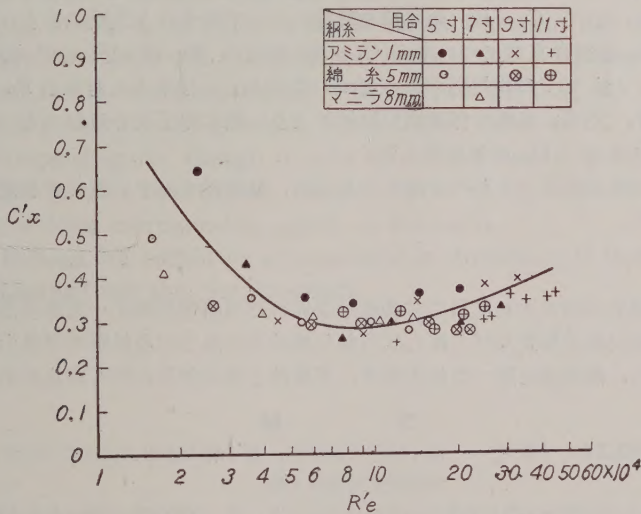
第7図により推定される裸浮子玉の抵抗特性曲線を第4図に B_0 曲線に示している。第4図を見ると浮子玉についての実験の Reynolds 数の範囲、即ち $Re=2.5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^5$ 位の範囲では裸硝子玉の抵抗係数は真球の抵抗係数よりかなり低く、又保護網をもつものでも、その網糸の太さが 1mm という如き細いものである場合にはその抵抗係数は矢張り真球のそれよりも小さいものとなつてゐる。これはこの範囲の Re の所では $C_x \sim Re$ 曲線は真球に対しては山の部分にあり、浮子玉に対しては谷の部分に当たるためであり、このように曲線の相が、ずれて

いることは浮子硝子玉のまわりの流れの有様は真球における流れの有様と相当異なるものがあることを示しているものと考えられる。

又裸浮子玉と真球についてのそれぞれの $C_x \sim Re$ 曲線の谷の底 K_0 及び K_A においての抵抗係

第 8 表 各曳行速度における裸玉に対する相当 Reynolds 数と相当抵抗係数

実験番号	曳行速度 v cm/sec	相 当 Reynolds 数 Re	相 当 抵抗係数 C'_x	実験番号	曳行速度 v cm/sec	相 当 Reynolds 数 Re	相 当 抵抗係数 C'_x
5 A 1	18.1	2.35×10^4	0.645	5 M 5	19.0	1.60×10^4	0.495
	42.5	5.6	0.355		42.4	3.6	0.355
	64.2	8.4	0.34		65.4	5.5	0.95
	111	14.5	0.36		112	9.55	0.30
	158	20.5	0.375		158	13.2	0.28
7 A 1	18.8	3.45×10^4	0.435	7 M 8	19.1	1.75×10^4	0.41
	42.2	7.75	0.265		42.8	3.95	0.32
	61.6	11.3	0.295		63.8	5.95	0.31
	111	20.5	0.30		111	10.35	0.30
	157	28.7	0.335		150	13.9	0.31
9 A 1	18.9	4.45×10^4	0.305	9 C 5	17.6	2.65×10^4	0.34
	39.1	9.15	0.27		39.5	5.9	0.305
	62.8	14.8	0.35		61.2	9.25	0.295
	107	25.2	0.385		105	16.0	0.295
	140	33.1	0.395		132	20.2	0.28
11 A 1	42.1	12.2×10^4	0.255	11 C 5	42.2	7.85×10^4	0.325
	85.8	24.8	0.305		65.8	12.35	0.325
	92.3	26.6	0.31		88.4	16.55	0.285
	108	31.3	0.36		114	21.3	0.31
	115	33.1	0.35		133	24.7	0.32
	146	42.2	0.355				
	156	44.8	0.365				

第 7 図 C'_x と Re の関係

数を比較すると裸浮子玉の方が相当小さい値となっている。これは著者の実験の精度が低いこと並びに裸浮子玉の抵抗特性を推定する上に誤差があるためもあるが、一方特別な場合には物体の表面を粗にすることにより流れの有様が変り抵抗係数を却つて小さくすることになることも知られているので浮子硝子玉は或はそのような特別な場合に当るのかもしれないとも考へられ興味ある問題である。何れにしても $C_x \sim Re$ 曲線の谷底においての抵抗係数の値は裸浮子玉と真球とで異り、特にその Reynolds 数は著しく異なる。このことから考へて浮子玉では、たとへ保護網をもたなくても、そのまわりの流れの有様は真球におけるものとは相当違つているものと推察される。

なお第 4 図を見ると浮子玉についての実験により得られた $C_x \sim Re$ 曲線は真球については大体

$Re=6 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^4$ 位の範囲の部分に相当するものと思われ、これは真球についてはその限界 Reynolds 数といわれる $Re=3.5 \times 10^5$ よりはるかに小さい Re の部分である。故に若し浮子玉についても真球と同様に限界 Reynolds 数が存在するならば実験はそれより相当低い Re において行われていることになる。更に高い Reynolds 数において、浮子玉の C_x がどのように変化するかは興味ある問題であるが、漁具漁法の見地からいえば、浮子玉は実際には実験における Reynolds 数の範囲で使用されていると考えられるから、著者の実験はその意味で役に立つものと思われる。

保護網の役目からいつて、その目合の大小、特にそれが網糸の太さとの関係において浮子玉の抵抗特性にどのように影響するかは研究を要する問題であり、これについては今後実験を行いたいと思つている。

V. 要 約

各種の保護網をもつ硝子玉浮子について試験水槽において曳行実験を行ひ第2表の様な結果を得た。そこで、これについて次の如く考察を行つた。

1) 実験に用いた硝子玉と保護網の網糸太さ及び目合の関係寸法では、網糸の太さが等しければ $C_x \sim Re$ の関係は硝子玉の直径に無関係に大体一本の曲線にまとめて表わし得る。そして網糸の太さが異なるものではそれぞれに別個の曲線となる。

2) 網糸の直径が異つても $C_x \sim Re$ 曲線の形は似たものとなるが、網糸の直径が大なる程相對應する点における C_x 及 Re の値は大きいものとなる。

3) 保護網をもつ硝子玉の特性は恰も裸硝子玉が密度及び動粘性係数の大きい流体中を進む場合の抵抗特性と同様であるとみなして取扱うことができる。

4) 浮子硝子玉について $C_x \sim Re$ の曲線を真球についてのそれと比較すると、実験範囲に対する浮子玉の $C_x \sim Re$ 曲線は真球についての $C_x \sim Re$ 曲線の $Re=7 \times 10^3 \sim 10^4$ の部分に対応するものと考えられる。そしてその相對應する点についてみると、浮子玉に対する Re は真球に対する Re より常に大きく、又 C_x の値も保護網の附加により一般に浮子玉の方が大きい。併し裸硝子玉では却つて真球より小さい C_x の値を示した。

5) 以上のことから浮子玉のまわりの流れの有様は、真球のまわりの流れの有様と、相当異なるものがあると思われる。

本実験に際し、結果の取まとめに當つて御教示を仰いだ当研究所源生一太郎所長及実験を指導くだされた高山重嶺漁具漁法部長及びしばしば有益な御助言を賜つた漁船研究室横山技官、及水槽実験に際し種々御協力、御援助を賜つた松木技官、有路技官等の諸氏に厚く御礼を申上げる。

文 献

- 1) 小林喜一郎、高橋広弥、上野元一；硝子球浮子の研究、第2報その水中抵抗について、北海道大学水産学部研究集報第4巻
- 2) 谷口武夫；流水中に於ける硝子玉浮子の抵抗について I, II. 昭和32年水産学会年会講演要旨。

Hydraulic Resistance of Glass-Ball Floats Enwrapped in Protective Nets

Takeo KOYAMA

Synopsis

In various types of fisheries, glass-balls are used as floats with protective nets over them. To investigate into the effect of the protective net on the hydraulic resistance of the float, experiments were carried out with glass-balls of various size and with protective nets of different netting cords (Table 1), by towing them in an experimental tank, which has a length of effective run of 35 m.

On the basis of relationship between towing speed and hydraulic resistance thus made available (Table 2 and Fig. 2), coefficient of resistance, C_x , and Reynolds' number, Re , were calculated (Tables 3 and 4), to discuss the resistance characteristics of glass-balls with protective nets as follows: .

1) Among the balls different in size, when their protective nets have thread of equal diameter, relationships between C_x and Re can be expressed fairly in a common curve, regardless diameter of the balls and mesh size of the nets, at least, so far as used in the test. With threads varied in size, however, relationship is drawn in separate curves even in the same sized balls (Fig. 3).

2) Referring to Fig. 3, although the trend of $C_x \sim Re$ curves remains the same among the netting cords different in diameter, it is found, the greater the diameter of the thread, the higher are the values of C_x and Re at the corresponding point on each curve.

3) With the above feature, it may be assumable that a netted glass-ball presents resistance characteristics equivalent to that of a ball without net as the latter goes through a fluid higher both in density and kinematic viscosity.

4) Referring to Fig. 4, in which A and B curves represent the resistance characteristics of a perfect sphere and the glass-ball floats under test, respectively, it may be admitted that the B curves correspond with the part J-K-L of the A curve. If so, a glass-ball with a protective net generally has a higher value of C_x than a perfect sphere at its corresponding Re , though it is to be noticed that a glass-ball, without a net or with a net of very thin thread, shows a value of C_x somewhat lower than a perfect sphere at some corresponding points on the curve.

5) These findings are indicative of considerable difference in hydraulic resistance between the glass-ball and the perfect sphere.

